



Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electromecánica



Litografía Moravia S.A.

Diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento basado en la confiabilidad para los equipos más críticos de Litografía Moravia S.A., que permita una mejora del departamento de mantenimiento y una disminución de los costos asociados a paros productivos.

Informe de Práctica de Especialidad para optar por Título
Ingeniero en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura

José Pablo Gómez Martínez

Cartago, Junio 2018

Profesor Guía: Ing. Joshua Guzmán Conejo

Asesor Industrial: Ing. Luis Pablo Torres González

Tribunal Examinador: Ing. Carlos Piedra Santamaria

Ing. Juan Pablo Arias Cartín

Información del estudiante y de la empresa

Nombre: José Pablo Gómez Martínez
Cédula: 302580879
Carné TEC: 201014963
Dirección de residencia en época lectiva: Barrió Sabana Grande, 100 metros oeste de la iglesia
Dirección de residencia en época no lectiva: Barrió Sabana Grande, 100 metros oeste de la iglesia
Teléfono en época lectiva: 86236716
Teléfono en época no lectiva: 86236716
Email: jpablogm9@gmail.com

Información del Proyecto

Nombre del Proyecto: Diseño de un modelo de Gestión de Mantenimiento basado en la confiabilidad para los equipos más críticos de Litografía Moravia S.A., que permita una mejora del departamento de mantenimiento y una disminución de los costos asociados a paros productivos

Profesor Asesor: Ing. Joshua Guzmán Conejo
Asesor Industrial: Ing. Luis Pablo Torres González
Horario de trabajo del estudiante: Lunes – Martes – Viernes (8:00 am – 3:00 pm)

Información de la Empresa

Nombre: Litografía Moravia S.A.
Zona: Moravia, San José.
Dirección: Moravia, del Banco Nacional, 500m Norte y 50m Oeste
Teléfono: 22 41 22 55
Actividad Principal: Diseño e impresión de artes gráficas

Dedicatoria

A Dios, por permitirme alcanzar mis objetivos y haberme dado salud para lograrlos.

A mis padres, por ser incondicionales, por darme su apoyo en todo momento, por ser el pilar principal de lo que soy, por sus consejos y valores, pero más que nada, por su amor.

A Mauren, por todo su amor, compañía, ayuda y motivación durante todo el proceso.

Agradecimientos

A Dios, por permitirme alcanzar una meta más.

A mis padres, por siempre darme las oportunidades y herramientas necesarias para lograr mis sueños y anhelos, por siempre apoyarme en cada momento de mi vida.

A mi hermano Sergio, por ser un ejemplo en mi vida, por darme siempre el apoyo y ayuda necesaria.

A mis hermanas Jessica y Arleene, por toda la ayuda y cariño brindado y por estar siempre conmigo en todo momento.

A Mauren, por su cariño, por ayudarme en todo momento que lo necesité, por estar siempre a mi lado brindando su apoyo y motivación.

A la empresa Litografía Moravia S.A., en especial al Sr. Víctor Montero y Sra. Martha Montero, por permitirme elaborar mi práctica profesional y brindarme la oportunidad de crecer profesionalmente. A todo el personal, por su excelente trato y aporte técnico.

A José Pablo Montero, por todo el apoyo incondicional y ayuda brindada en la empresa, por el conocimiento aportado y enseñanzas de vida.

A Leonardo Rodríguez y Délmar Angulo, por contribuir durante todo el proceso.

Al profesor guía Ing. Joshua Guzmán, por el apoyo, conocimiento y orientación desde el principio en el proyecto.

A la empresa Multysoluciones Integrales, en especial al Ing. Luis Pablo Torres y Lic. Audrey Vázquez, por su confianza durante todo el proceso y por el apoyo brindado para la elaboración de la práctica.

A todas las personas, que una u otra manera me apoyaron durante el proceso, gracias.

Tabla de Contenidos

Resumen	xvi
Abstract.....	xviii
Acrónimos	xx
CAPÍTULO 1: Introducción.....	1
1.1 Reseña de la Empresa.....	1
1.2 Misión.....	2
1.3 Visión	2
1.4 Valores.....	2
1.5 Política de Calidad.....	3
1.6 Descripción del proceso.....	3
1.7 Definición del Problema.....	6
1.8 Objetivos del Proyecto	8
1.8.1 Objetivo General.....	8
1.8.2 Objetivos Específicos	8
1.9 Descripción del Proyecto.....	9
1.9.1 Justificación del Proyecto	9
1.10 Metodología.....	15
1.11 Alcance del proyecto	18
1.12 Limitaciones del proyecto	19
CAPÍTULO 2: Marco Conceptual.....	20
2.1 Mantenimiento Industrial	20
2.2 Tipos de Mantenimiento.....	21
2.2.1 Mantenimiento Correctivo.....	21
2.2.2 Mantenimiento Preventivo	22

2.3 Proceso de Gestión del Mantenimiento	22
2.3.1 Modelo de Gestión del mantenimiento.....	23
2.4 Normativas asociadas al Proyecto	24
2.4.1 Balance ScoreCard	24
2.4.2 Perspectiva Financiera.....	25
2.4.3 Perspectiva del Cliente	26
2.4.4 Perspectiva Procesos Internos	26
2.4.5 Perspectiva de aprendizaje.....	27
2.5 Auditoría COVENIN	27
2.5.1 Norma COVENIN 2500-93.....	29
2.6 Conceptos Financieros.....	32
2.6.1 Valor Actual Neto.....	32
2.6.2 Tasa Interna de Retorno.....	33
2.6.3 Periodos de Recuperación	33
2.6.4 Razón Beneficio/ Costo (B/C).....	33
CAPÍTULO 3: Evaluación de la Gestión de mantenimiento de Litografía Moravia S.A.	34
3.1 Desarrollo de la auditoría	37
3.2 Implementación de la auditoría en la empresa	38
3.3 Situación Actual de la gestión de mantenimiento en Litografía Moravia S.A.	39
3.3.1 Organización de la Empresa	39
3.3.2 Organización y Planificación Del Mantenimiento	41
3.3.3 Mantenimiento Rutinario.....	43
3.3.4 Mantenimiento Programado	44
3.3.5 Mantenimiento Correctivo.....	44
3.3.6 Mantenimiento Preventivo	45
3.3.7 Mantenimiento por Avería.....	46
3.3.8 Personal de Mantenimiento	47
3.3.9 Recursos y Apoyo Logístico	47
3.3.10 Análisis de Resultados y recomendaciones	48

CAPÍTULO 4: Jerarquización de los equipos de acuerdo con su nivel de criticidad	53
4.1 Codificación de los Activos.....	53
4.2 Análisis de Criticidad	56
4.3 Establecimiento de Criterios.....	57
4.4 Selección de Método de análisis de criticidad.....	58
4.4.1 Modelo Semicuantitativo del Riesgo (CTR)	59
4.5 Aplicación de Análisis de Criticidad según el Método de Semicuantitativo del Riesgo (CTR).....	61
4.6 Análisis de Criticidad Equipos Secundarios.....	66
CAPÍTULO 5: Estructura del Modelo de Gestión de Mantenimiento	69
5.1 Reestructuración de la organización de mantenimiento	69
5.1.1 Estructuración del organigrama de la empresa.....	70
5.1.2 Departamento de Mantenimiento	73
5.2 Fase 1: Definición de objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento .	84
5.3 Fase 2: Jerarquización de los equipos.....	86
5.4 Fase 3: Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto	87
5.4.1 Etapa 1: Conformación de Equipo de Trabajo	88
5.4.2 Etapa 2: Definición y jerarquización de problemas.....	89
5.4.3 Etapa 3: Definición y priorización de los modos de fallos.....	92
5.4.4 Etapa 4: Definición y validación de hipótesis	93
5.4.5 Etapa 5: Definición y validación de causa raíces	94
5.4.6 Etapa 6: Definición y evaluación de la efectividad de las soluciones	97
5.5 Fase 4: Diseño de planes de mantenimiento preventivo y de los recursos necesarios	101
5.5.1 Formación del equipo de trabajo	103
5.5.2 Contexto operacional.....	103
5.5.3 Selección de Sistemas.....	105
5.5.4 Desarrollo del Análisis de Modos y Efectos de Fallos (AMEF)	107

5.5.5 Plan de mantenimiento preventivo	109
5.5.6 Stock de Repuestos	110
5.6 Fase 5: Programación del mantenimiento y optimización de los recursos.....	111
5.6.1 Análisis para la Prensa Offset de 5 Cuerpos (PR-SM).....	111
5.6.2 Análisis para la Prensa Offset de 4 Cuerpos (PR-GTO VP)	119
5.6.3 Análisis para la Prensa Offset Barnizadora (PR-SR)	124
5.6.4 Programación del mantenimiento obtenido del RCM.....	128
5.7 Fase 6: Evaluación y control de la ejecución del mantenimiento.....	129
5.7.1 Sistema de indicadores (Balance Score Card).....	129
5.7.2 Formularios de inspección de mantenimiento	134
5.8 Fase 7: Análisis del Coste de Ciclo de Vida (ACCV) y la posible renovación de los equipos.....	135
5.8.1 Estimación del costo total anualizado (CTA) para el equipo A	136
5.8.2 Estimación del costo total anualizado (CTA) para el equipo B	139
5.8.3 Análisis para la renovación del equipo.....	141
5.9 Fase 8: Implantación del proceso de mejora continua y adopción de nuevas tecnologías	143
5.10 Esquema Grafico del Modelo de Gestión de Mantenimiento.....	144
CAPÍTULO 6: Análisis económico del Modelo de Gestión de Mantenimiento.....	145
Conclusiones y Recomendaciones	154
Conclusiones.....	154
Recomendaciones	155
Anexos	156
Anexo 1: Rotulo de Codificación	156
Anexo 2: Orden de trabajo de mantenimiento.....	157
Anexo 3: Solicitud de Repuesto	158
Anexo 4: Solicitud de Mantenimiento.....	159

Anexo 5: Registro de Mantenimiento.....	159
Anexo 6: RCM Unidad de Impresión.....	160
Anexo 7: RCM Sistema de Enfriamiento	162
Anexo 8: RCM Sistema Hidráulico.....	164
Anexo 9: Plan de Mantenimiento Preventivo para la Prensa	166
Anexo 10: Stock de Repuesto.....	171
Anexo 11: Balance Score Card.....	173
Anexo 12: Formularios de inspecciones de mantenimiento.....	174
Anexo 13: Manuales de mantenimiento	179
Anexo 14: Auditoria de Covenin.....	189
Anexo 15: Lección de un Punto	190
Anexo 16: Fichas Técnicas.....	197
Apéndices	198
Apéndice 1: Cotización de Prensa CD74-5+L(X2).....	198
Apéndice 2: Cotización de prensa CD102 – 4.....	200
Apéndice 3: Fotos de equipos de la Litografía Moravia S.A.	202
Referencias Bibliográficas.....	205

Índice de Figuras

Figura 1.1 Organigrama de Litografía Moravia S.A.	2
Figura 1.2 Diagrama de Flujo del Proceso.	5
Figura 1.3 Disponibilidad Actual de los Equipos de Litografía Moravia	6
Figura 2.1 Fases para la elaboración de modelo de Gestión de Mantenimiento	24
Figura 2.2 Perspectiva del Balanced Score card.....	25
Figura 3.1 Señalización en la Empresa.....	42
Figura 4.1 Codificación de Equipos	55
Figura 4.2 Metodología para realizar el Análisis de Criticidad.....	56
Figura 4.3 Criterios y Pesos de Evaluación	60
Figura 4.4 Matriz de Criticidad	60
Figura 5.1 Propuesta de reestructuración del Organigrama	72
Figura 5.2 Simbología para el desarrollo de los Flujogramas	79
Figura 5.3 Diagrama de Flujo de OT Preventivo	80
Figura 5.4 Diagrama de Flujo de OT de Mantenimiento Correctivo	82
Figura 5.5 Diagrama Ishikawa del estado actual de la empresa.	84
Figura 5.6 Etapas para aplicar el ACR	88
Figura 5.7 Árbol de Fallas del Compresor	96
Figura 5.8 Flujograma para diseño de RCM	102
Figura 5.9 Diagrama de EPS	105
Figura 5.10 Tendencia de la frecuencia de fallos	112
Figura 5.11 Curva de la Bañera	113
Figura 5.12 Test de Kolmogorov Smirnov.....	114
Figura 5.13 Curva de Confiabilidad, Distribución Weibull para la PR-SM	114
Figura 5.14 Evaluación de Confiabilidad.....	115
Figura 5.15 Indicadores de confiabilidad de la prensa	116
Figura 5.16 Disponibilidad de la Prensa.....	117
Figura 5.17 Curva de Mantenibilidad de la prensa.....	118
Figura 5.18 Evaluación de la Mantenibilidad de la Prensa	118
Figura 5.19 Test de KS para la prensa.....	119

Figura 5.20 Curva de Confiabilidad para la Prensa.....	120
Figura 5.21 Evaluación de Confiabilidad	120
Figura 5.22 Indicadores de Confiabilidad	121
Figura 5.23 Disponibilidad de la prensa en análisis	122
Figura 5.24 Curva de Mantenibilidad de la prensa.....	123
Figura 5.25 Evaluación de la Mantenibilidad.....	123
Figura 5.26 Test de KS para la prensa.....	124
Figura 5.27 Curva de confiabilidad	125
Figura 5.28 Evaluación de la Confiabilidad	125
Figura 5.29 Disponibilidad de la Prensa.....	126
Figura 5.30 Curva de Mantenibilidad de la Prensa	127
Figura 5.31 Evaluación de Mantenibilidad.....	127
Figura 5.32 Proceso para el desarrollo del sistema de indicadores	130
Figura 5.33 Relaciones del departamento de mantenimiento.....	131
Figura 5.34 Indicadores recomendados por la norma VDI – 2893	133
Figura 5.35 Propuesta de Indicadores para Litografía Moravia S.A.	134
Figura 5.36 Propuesta de esquema grafico del MGM	144

Índice de Gráficas

Gráfica 1 Porcentaje de mantenimiento Correctivo de septiembre 2016	9
Gráfica 2 Costo de mano de obra por paros de mantenimiento correctivo de octubre.....	10
Gráfica 3 Resultados de Auditoría en Litografía Moravia	50
Gráfica 4 Diagrama de Pareto para ACR	91
Gráfica 5 Análisis de Modo de Falla por Pareto	93
Gráfica 6 Costos de Mano de Obra	146
Gráfica 7 Tendencia del mantenimiento con la producción del 2017	147
Gráfica 8 Tendencia del mantenimiento con la producción del 2018	148
Gráfica 9 Comparación del mantenimiento entre el 2017 y el 2018	149
Gráfica 10 Costos de mantenimiento en el 2017 y el 2018.....	151

Índice de Tablas

Tabla 1 Costos de mantenimiento correctivo.....	12
Tabla 2 Metodología del proyecto.....	15
Tabla 3 Puntuación de Deméritos.....	35
Tabla 4 Áreas y principios básicos tomados en cuenta para la auditoría.....	36
Tabla 5 Funciones de los Puestos de Litografía Moravia.....	40
Tabla 6 Avería de la Speed Máster.....	46
Tabla 7 Resultados de Auditoría COVENIN realizada en n Litografía Moravia.....	48
Tabla 8 Tabla de evaluación de la auditoría.....	49
Tabla 9 Codificación de las Áreas.....	53
Tabla 10 Código de los Equipos.....	54
Tabla 11 Codificación de los Equipos de Litografía Moravia.....	55
Tabla 12 Criterios a Evaluar en Litografía Moravia S.A.	58
Tabla 13 Equipos a emplear para el análisis de criticidad.....	61
Tabla 14 Criterios para el Análisis de Criticidad adaptada a la empresa.....	62
Tabla 15 Análisis de Criticidad de los Equipos.....	63
Tabla 16 Resultados de la Matriz de Criticidad.....	63
Tabla 17 Jerarquización de los equipos de la empresa.....	65
Tabla 18 Equipos Críticos en la Empresa.....	66
Tabla 19 Tabla de Criticidad por García.....	67
Tabla 20 Jerarquización de los equipos.....	68
Tabla 21 Perfil del Coordinador de Mantenimiento.....	76
Tabla 22 Perfil del Técnico de Mantenimiento.....	77
Tabla 23 Documentos elaborados para el Departamento de Mantenimiento.....	78
Tabla 24 Información para OT.....	78
Tabla 25 Mejoras propuestas para Litografía Moravia S.A.	85
Tabla 26 Equipos Críticos.....	86
Tabla 27 Equipo de ACR.....	88
Tabla 28 Jerarquización de Fallos de la Prensa Offset.....	90
Tabla 29 Modo de Falla del Compresor.....	92

Tabla 30 Tipos de probabilidad de hipótesis	93
Tabla 31 Hipótesis de modo de falla	94
Tabla 32 Causas raíces de las hipótesis	95
Tabla 33 Soluciones recomendadas para los modos de falla del Compresor	97
Tabla 34 Control y seguimiento del ACR	99
Tabla 35 Equipo de Trabajo para el RCM.....	103
Tabla 36 Jerarquización de los Sistemas de la Prensa Offset.....	106
Tabla 37 Matriz de Riesgos	106
Tabla 38 Hoja de Trabajo de RCM	108
Tabla 39 Tipo de Modo de Falla	108
Tabla 40 Tipos de Efectos de los Modos de Falla.....	108
Tabla 41 Tipo de Acciones Proactivas	109
Tabla 42 Tiempo de Operación y Fuera de Servicio	112
Tabla 43 Datos de operación de la Prensa.....	119
Tabla 44 Datos de operación de la prensa	124
Tabla 45 Comparación de indicadores de los equipos	128
Tabla 46 Frecuencias Definidas para el PMP.....	129
Tabla 47 Equipos considerados para la renovación	136
Tabla 48 Consumo mensual de tintas de la prensa.....	137
Tabla 49 Consumo mensual de químicos de la prensa.....	137
Tabla 50 Costo de insumos anualmente	137
Tabla 51 Costos Operacional Anual de la Prensa.....	138
Tabla 52 Cálculo del CTA para la Prensa A	138
Tabla 53 Calculo del CTA del equipo B	141
Tabla 54 Comparativa de los equipos para la renovación	142
Tabla 55 Costo total del plan de mantenimiento	145
Tabla 56 Costo de Mano de Obra por paros	145
Tabla 57 Comparación de mantenimiento entre el 2017 y el 2018 para el PR-SM	150
Tabla 58 Costos asociados a mano de obra correctivo del 2017	150
Tabla 59 Costos asociados a mano de obra del 2018	151
Tabla 60 Indicadores actuales de los activos críticos	152

Tabla 61 Disponibilidad de los equipos 153

Resumen

La empresa Litografía Moravia S.A., desarrolla sus operaciones en el diseño e impresión de las artes gráficas desde 1992, donde se realiza la impresión por el método offset el cual tiene como principio la impresión de forma indirecta en los pliegos de papel.

El proyecto desarrollado busca la mejora del Departamento de Mantenimiento de esta empresa, y de igual forma la disminución de los paros productivos por medio del diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento basado en la Confiabilidad.

Como metodología, se procedió a evaluar el estado actual de la empresa por medio de la Norma COVENIN 2500-93, con lo que se pudo determinar el estado actual del departamento de mantenimiento, lo que a su vez funcionará como punto de partida para los objetivos, estrategias y mejoras para el Departamento de Mantenimiento.

Seguidamente, se utilizó el *Método Semi-cuantitativo* para jerarquizar los equipos a través del riesgo (CTR, por sus siglas Criticidad Total por Riesgo), este análisis de criticidad permitirá determinar la jerarquización de los equipos en la empresa, en función del estado actual de la organización y de los activos, esto con el fin de facilitar las decisiones futuras para el diseño de los planes de mantenimiento y definir los recursos de la empresa según la importancia o criticidad de los equipos en el proceso.

Con base en los equipos críticos se procede al diseño de los planes de mantenimiento utilizando la herramienta del RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), se utiliza esta herramienta porque determina de forma conveniente las necesidades de mantenimiento del activo, los cuales representa una complejidad elevada por la precisión y exactitud que deben de tener esta maquinaria para realizar las impresiones. Como resultado se obtuvieron rutinas de mantenimiento programadas para los activos y la determinación del stock de repuestos necesarios que la empresa debe tener en la bodega. Dicha programación de las rutinas se definió por medio del análisis de la Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad (CDM), el cual proporcionó de forma probabilística los tiempos más adecuados para realizar mantenimiento en las prensas y se lograron identificar

las frecuencias de las inspecciones de mantenimiento, con el objetivo de evitar escenarios de indisponibilidad (fallos) que provoquen paros de producción significativos.

Para mantener el control de la ejecución y la evaluación del mantenimiento fue elaborado el Cuadro de Mando Integral (CMI - BSC Balance Score Card), este se estableció según las necesidades y objetivos de la empresa bajo la Norma VDI-2893. De esta forma se permitirá dar seguimiento de la eficiencia de los procesos y costos de mantenimiento.

Se realizó una valoración de la posible renovación de dos (2) de los equipos críticos ya obsoletos, calculándose el Costo Total Anualizado (CTA) como herramienta técnico-financiera que determinó los costos totales esperados al día de hoy para una vida útil, ya sea de un nuevo activo versus otro usado, pero funcional, a un plazo de 20 años, y así brindar opciones a Litografía Moravia S.A., para tomar decisiones en un futuro cercano.

Al diseñar el MGM del proyecto se contempla la mejora continua del mismo, por lo que se propone diferentes estrategias que permita una mejora en la organización del mantenimiento y la eficiencia de la gestión propuesta. Dentro de las estrategias recomendadas se encuentra la implementación del Mantenimiento Total Productivo (TPM), ya que este contempla ciertos elementos que aportarán a la mejora del mantenimiento dentro de la empresa y la incorporación de los pilares permitirán un acople entre los demás departamentos de la organización.

Finalmente, se obtuvieron los costos estimados del Modelo de Gestión de Mantenimiento y se compararon con las pérdidas calculadas por realizar sólo mantenimiento correctivo durante el período de estudio de un año, y así poder tener una proyección de ahorros a través del proyecto planteado, para buscar generar resultados positivos para que Litografía Moravia S.A., siga siendo competitiva.

Palabras Clave

Confiabilidad, Gestión de Mantenimiento, Disponibilidad, Mantenibilidad, RCM, Offset, Impresión, Artes Gráficas, Litografía.

Abstract

The company Litografía Moravia S.A., develops its operations in the design and printing of the graphic arts since 1992, where the printing is made by the offset method which has as principle the printing of indirect form in the sheets of paper.

The developed project seeks the improvement of the Maintenance Department of this company, and likewise the reduction of productive stoppages through the design of a Maintenance Management Model based on Reliability.

As a methodology, we first proceeded to evaluate the current state of the company through the COVENIN 2500-93 standard, which allowed us to determine the current state of the maintenance department, which in turn will serve as a starting point for the objectives, strategies and improvements for the Maintenance Department.

Then, the Semi-quantitative Method was used to rank the teams through risk (CTR, for its acronym Total Criticality for Risk), this criticality analysis will allow to determine the hierarchy of the teams in the company based on the current state of the organization and of the assets, this in order to facilitate future decisions for the design of maintenance plans and define the resources of the company according to the importance or criticality of the teams in the process.

Based on the critical equipment, the maintenance plans are designed using the RCM tool (Reliability Centered Maintenance), this tool is used because it conveniently determines the maintenance needs of the asset, which represents a high complexity for the precision and accuracy that this machinery must have to make the impressions. As a result, scheduled maintenance routines were obtained for the assets and the determination of the stock of spare parts that the company must have in the warehouse. Said programming of the routines was defined by means of the Reliability, Availability and Maintenance (CDM) analysis, which probabilistically provided the most adequate times to perform maintenance on the presses and it was possible to identify the frequencies of the maintenance inspections for them, with the objective of avoiding scenarios of unavailability (failures) that cause significant production stoppages.

In order to maintain control over the execution and evaluation of maintenance, the Integral Scorecard (BSC Balance Score Card) was prepared, which was established according to the needs and objectives of the company, under the VDI-2893 Standard. In this way it will be possible to monitor the efficiency of the processes and maintenance costs.

Also, an assessment of the possible renewal of two (2) of the obsolete critical equipment was made, calculating the Annualized Total Cost (CTA) as a technical-financial tool that determined the total expected costs for a useful life today, either a new asset versus another used but functional, with a term of 20 years, and thus provide options to Litografía Moravia SA to make decisions in the near future.

When designing the MGM of the project, continuous improvement of the project is contemplated, which is why it proposes different strategies that allow an improvement in the maintenance organization and the efficiency of the proposed management. Within the recommended strategies is the implementation of Total Productive Maintenance (TPM), since this contemplates certain elements that will contribute to the improvement of maintenance within the company and the incorporation of the pillars will allow a coupling between the other departments of the organization.

Finally, the estimated costs of the Maintenance Management Model were obtained and compared with the losses calculated by performing only corrective maintenance during the study period of one year, and thus have a projection of savings through the proposed project, to search generate positive results for Litografía Moravia S.A., remain competitive

Keywords

Reliability, Maintenance Management, Availability, Maintainability, RCM, Offset, Printing, Graphic Arts, Lithography.

Acrónimos

RCM – Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

ACR – Análisis de Causa Raíz

CTA – Costo Total Anualizado

AMEF – Análisis de Modo y Efectos de Fallas

BSC – Balance Score Card

CDM – Análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad

TPM – Mantenimiento Total Productivo

CTR – Método Semi-cuantitativo del Riesgo

CAPÍTULO 1: Introducción

En el presente capítulo, se presentan los detalles del lugar donde fue desarrollado el presente proyecto, así como los objetivos de este, Justificación, metodología, alcances y limitaciones.

1.1 Reseña de la Empresa

Litografía Moravia S.A., es una empresa familiar que inició en diciembre de 1992 en Moravia de San José, con sólo cinco empleados, además de los propietarios, los cuales desempeñaban como gerente general y jefe de producción. El crecimiento de la organización empezó a darse paulatinamente a medida que se fue incorporando al mercado nacional, por la adquisición de equipo nuevo y personal calificado.

Actualmente, Litografía Moravia S.A., es reconocida en el sector gráfico por ofrecer productos de alta calidad y excelente servicio al cliente, destacándose por la entrega de soluciones justo a tiempo, esto aliado a importantes proveedores que permitieron una rápida obtención de la materia requerida para el proceso, así como la capacitación y actualización en el mundo de las artes gráficas, generando así el fortalecimiento de la competencia en el mercado nacional y la satisfacción de las necesidades de los clientes.

La organización de la empresa está liderada por la Dirección Ejecutiva, esta coordina el rendimiento financiero, establece objetivos y logros de la empresa, así mismo, delega actividades a los demás departamentos. Seguidamente, se muestra el organigrama actual de la empresa.

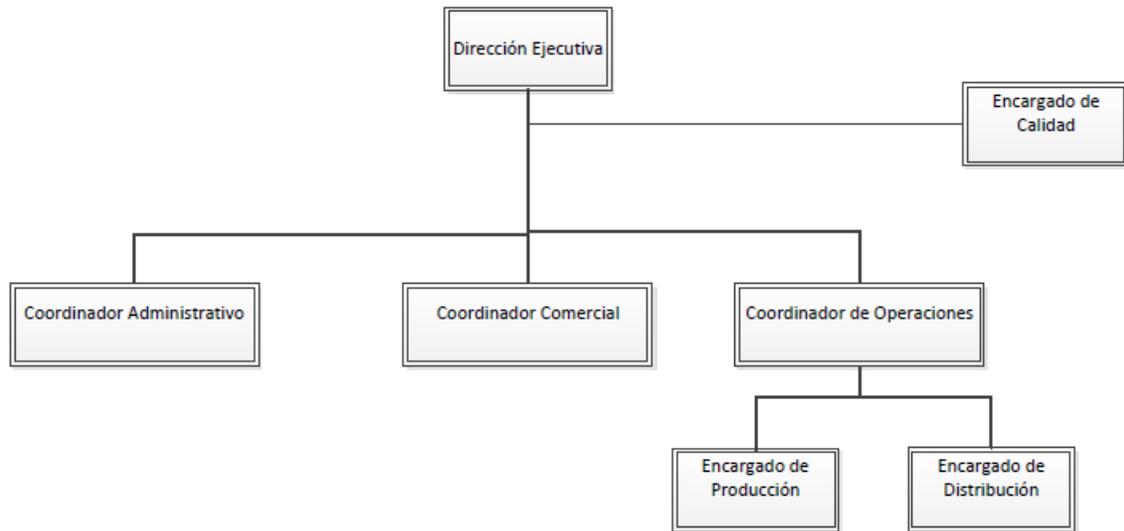


Figura 1.1 Organigrama de Litografía Moravia S.A.

Fuente: Litografía Moravia S.A.

1.2 Misión

Hacemos que nuestros clientes tengan una experiencia de servicio única.

1.3 Visión

Ser la empresa líder en el mercado litográfico nacional, con el equipo humano altamente identificado con los clientes, el mejoramiento continuo, la comunidad y el medio ambiente.

1.4 Valores

- **Trasparencia:** Actuamos siempre a luz de la verdad y la honestidad.
- **Compromiso:** Realizar mi trabajo con esmero, disciplina y dedicación.
- **Mejoramiento Continuo:** Ser mejor cada día para dar calidad, eficiencia y servicio a nuestros clientes.
- **Trabajo en equipo:** Trabajamos por una misma razón, nuestros clientes.

1.5 Política de Calidad

Litografía Moravia S.A., se compromete a elaborar productos y servicios que satisfagan los requisitos de nuestros clientes y partes interesadas.

Liderando un equipo humano motivado, capacitado y orientado hacia la mejora continua de nuestro sistema de gestión de calidad.

1.6 Descripción del proceso

El proceso de producción de Litografía Moravia S.A., empieza con la adquisición del papel, este se traslada al área de almacenamiento en un estante, luego cuando se requiere utilizar el papel se traslada al área de corte donde se pasa por una guillotina, para cortar el papel en diferentes medidas esto de acuerdo con las especificaciones que el cliente requiere.

Un operario procede a llevar el papel cortado con medidas requeridas a la máquina litográfica para realizar la impresión. En este proceso cada pliego de papel es sujetado por un marcador de alimentación que recorre la mesa de marque, donde se ajusta las dimensiones del pliego, luego de ser rectificado lateralmente, se pasa por el cilindro impresor mediante elementos oscilantes así recibe la impresión de un cilindro que porta el motivo a imprimir, el cual se obtuvo de un cilindro porta planchas en contacto con las baterías de colocación de tintas.

Después de que el pliego de papel es impreso se procede al traslado al área de troquelado, donde se colocan los pliegos en la mesa de la troqueladora cilíndrica y se ajusta el equipo a las expectativas del cliente, el molde-troquel ejerce una presión sobre el pliego, este se corta y perfora las formas irregulares. Luego se traslada los pliegos troquelados al área de descartonado para el retiro del excedente de material que no se requiere en el producto final.

De aquí el pliego descartonado es llevado al área de pegado, donde se coloca en la mesa de entrada de la pegadora automática y esta moviliza el pliego por medio de cintas y guías superiores e inferiores de forma uniforme, se le adhiere el pegamento y el pliego adopta la forma de moldeo. En la salida de la pegadora la caja formada se traslada al área de revisión y luego es colocada en almacenamiento hasta planificar el envío al cliente.

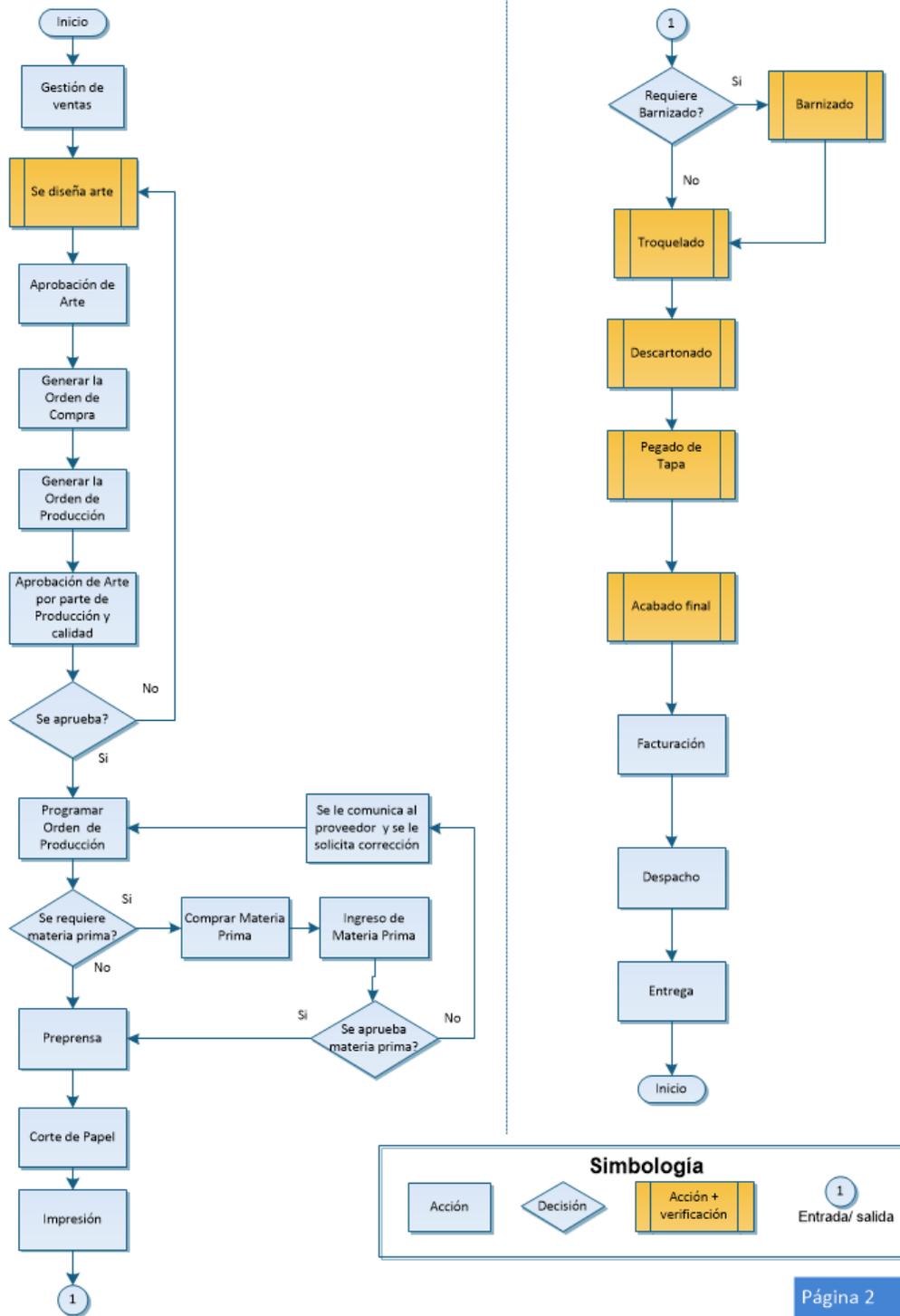


Figura 1.2 Diagrama de Flujo del Proceso.

Fuente: Elaboración Propia (Visio, 2016)

1.7 Definición del Problema

Actualmente, la empresa Litografía Moravia S.A., no cuenta con una gestión de mantenimiento para los equipos involucrados en su proceso productivo, lo cual ha provocado que la disponibilidad de los equipos incurra a paros de equipo y de producción muy extensos como se observa en la siguiente Figura 1.3 Disponibilidad Actual de los Equipos de Litografía Moravia., lo que ha provocado paros de 564.4 horas, solamente, en el mes de octubre del año 2017 como se muestra en la Tabla 1 , estos referidos por la espera de la reparación o adquisición del repuesto que se requiere, pues, al no llevar un control de las fallas y un mantenimiento planeado, no se tiene un stock de repuestos, o se puede planear la adquisición de estos en un período que no afecte la producción, por lo que los tiempos en espera de repuestos han llegado a ser de hasta dos semanas, lo que a su vez se traduce en una pérdida de producción y un costo de mano de obra de ¢3 890 144,03 por el período de octubre que la producción se mantuvo detenida.

Equipo	SPEED MASTER 74 5+L	Pegadora Jagenber	Cilindrica Nº 1 Grande 22x32% (28913)	SORZ + U.V. (curado) + banda IR	GTO VP	Cilindrica Nº2 pequeña (11317)	Guillotina Polar 92ED (Refiles)	Dobladora Stahlforder Heidelberg	Minerva	GT
Disponibilidad actual	63,8%	85,3%	88,6%	86,5%	69,5%	94,4%	97,1%	97,9%	99,5%	99,8%
Disponibilidad deseada	68,8%	90,3%	93,6%	91,5%	74,5%	94,4%	97,1%	97,9%	99,5%	99,8%
Horas operativas reales	1358	1616	1758	1802	1500	1488	1938	2029	2071	2057
Horas de mantenimiento calculadas	614	174	121	167	513	88	59	44	9	4
Horas de mantenimiento actuales	638	239	197	244	556	69	52	39	8	4
Diferencia de las horas de mantenimiento	23	65	76	78	43	-19	-7	-5	-1	0
Suma de las horas ahorradas	252	Costo total	\$26 491							

Figura 1.3 Disponibilidad Actual de los Equipos de Litografía Moravia

Fuente: Elaboración Propia (Excel, 2016)

Además, se encuentra que la empresa Grupo Litográfico no dispone de un historial completo de los trabajos de mantenimiento ejecutados, en el cual no se le dio seguimiento y tiene ausencia de los índices como el tiempo medio de reparación, tiempo medio entre falla, confiabilidad y la disponibilidad operacional alcanzada, por lo cual no se tienen criterios para evidenciar cómo es la gestión de mantenimiento, si es buena o mala. Además, al no contar con un historial, la labor de mantenimiento actual es poco confiable.

1.8 Objetivos del Proyecto

1.8.1 Objetivo General

1. Diseñar un Modelo de Gestión de Mantenimiento basado en la confiabilidad para los equipos más críticos de Litografía Moravia S.A., que permita una mejora del departamento de mantenimiento y una disminución de los paros de producción.

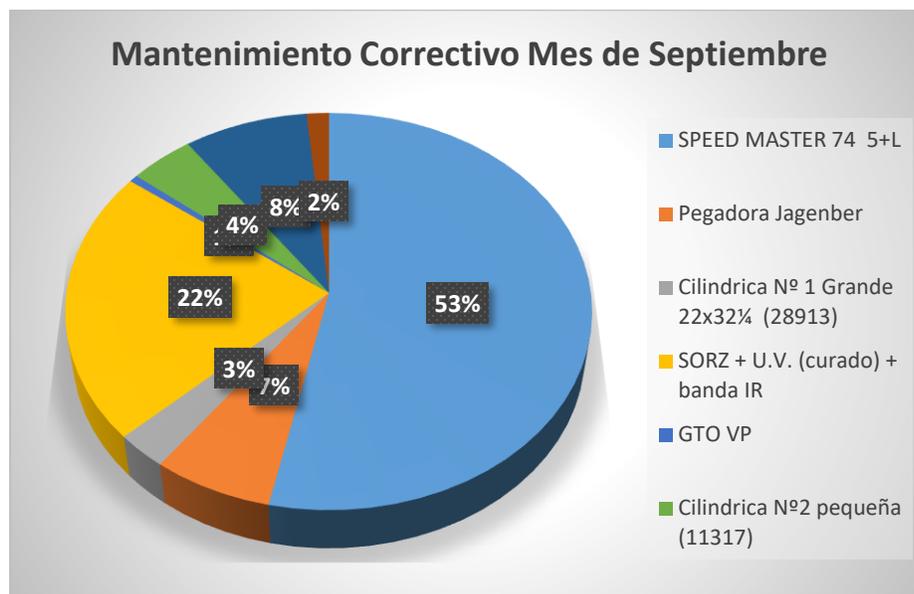
1.8.2 Objetivos Específicos

1. Conocer la situación actual del programa de mantenimiento utilizado en Litografía Moravia S.A., a través de la norma COVENIN 2500-93, para la identificación de las áreas con carencias presentes en dicho programa.
2. Definir el grado de criticidad de los equipos utilizados en los procesos productivos de la empresa Litografía Moravia S.A., bajo el Método Semi-cuantitativo del Riesgo.
3. Establecer un Modelo de Gestión de Mantenimiento basado en la metodología de un RCM, por medio de un Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) para los equipos más críticos de Litografía Moravia S.A.
4. Proponer un sistema de índices de gestión de mantenimiento mediante la norma VDI 2893 y las cuatro perspectivas del Balance Score Card, para una evaluación y control de los procesos de mantenimiento establecidos en el nuevo modelo planteado.
5. Realizar una proyección de los costos de la aplicación de la nueva estrategia versus los costos que se producen por el paro de la producción del proceso productivo, para la determinación de la rentabilidad del Nuevo Modelo.

1.9 Descripción del Proyecto

1.9.1 Justificación del Proyecto

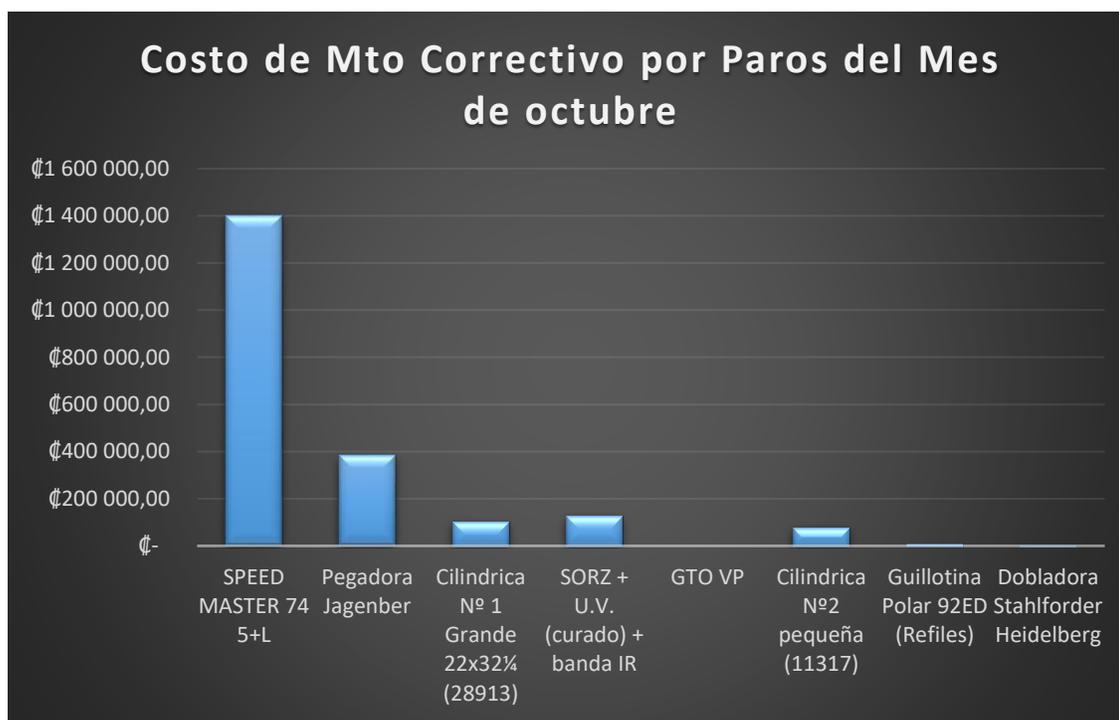
La empresa tiene un plan de mantenimiento preventivo, sin embargo, este se encuentra descontinuado desde aproximadamente un año, por lo que se basa principalmente en mantenimiento correctivo en la totalidad de sus equipos, en la maquinaria que se considera crítica, se han generado paros de la producción de tiempos considerables, como se puede observar en la figura 2, es el caso de la impresora Speed Master S74 que en el registro de paros se observan paros por mantenimiento correctivo del 53% en comparación con los demás equipos, lo que conlleva pérdidas de más de ¢631 094,35 en el mes de septiembre y de ¢1 401 106,08 en el mes de octubre, esta información no contempla el costo de repuestos y servicio externo para la reparación, por lo cual el valor por mantenimiento correctivo del equipo Speed Master S74 es más elevado.



Gráfica 1 Porcentaje de mantenimiento Correctivo de septiembre 2016

Fuente: Litografía Moravia S.A. (Excel, 2016)

En la siguiente Gráfica 2 resalta el valor de cada paro por mantenimiento correctivo por equipo de la empresa, en la cual se observa que los paros tienen un alto costo y esto afecta a la empresa de forma significativa, ya que transcurrido un solo mes se tuvieron pérdidas de ¢2 105 311,44 contemplando solo paros por mantenimiento correctivo, si se considera otros tipo de paros las pérdidas son de ¢3 890 144,03 por tiempo en que el equipo no se utiliza, esto refleja que el 54% de los paros en Litografía Moravia S.A., es por fallas y reparaciones correctivas.



Gráfica 2 Costo de mano de obra por paros de mantenimiento correctivo de octubre.

Fuente: Litografía Moravia S.A. (Excel, 2016)

Lo mencionado anteriormente, es un problema para la empresa, ya que se busca un proceso estable, pero es evidente que, por la pérdida de tiempo por fallos, búsqueda de insumos y herramientas se disminuye la producción y por tanto, la eficiencia de la compañía.

Si no se dan las mejoras de la gestión del mantenimiento y al ser los equipos muy antiguos, es probable que esta maquinaria con el paso de tiempo empiece a mostrar una mayor cantidad de fallos como se observa en la Tabla 1, el tiempo de paros por mantenimiento correctivo va en aumento, lo que representaría una disminución de la disponibilidad y la

posibilidad de que el equipo presente alguna falla mayor que represente un alto costo, y dependiendo de esta falla la máquina no sería rentable su reparación y por tanto, la única opción para la Litografía sería la adquisición de un equipo nuevo muy costoso.

Por otra parte, la empresa al ser pequeña no cuenta con personal técnico para el área específica de mantenimiento, por lo cual es fundamental considerar y aprovechar al máximo las capacidades de los operarios de producción, ya que son las personas encargadas de cada máquina y tienen el conocimiento necesario de día a día para distinguir si se presenta un desperfecto o el equipo disminuye el rendimiento.

Gran parte de las industrias costarricense presentan deficiencias en los Departamentos de Mantenimiento de sus empresas. Litografía Moravia S.A., no escapa de esta situación, pues dicha empresa, no posee un departamento de mantenimiento, ya que, si bien tienen rutinas básicas de mantenimiento, no cuentan con personal capacitado y dedicado exclusivamente al mantenimiento de los equipos, sino que las rutinas que se tienen hasta la actualidad son ejecutadas por los operarios de cada equipo.

Esta metodología que manejan para el mantenimiento no es efectiva, pues las rutinas de mantenimiento son muy superficiales, y se centran en las recomendaciones del fabricante. Debido a la antigüedad de los equipos de esta empresa es necesario un mantenimiento más a profundidad, que mejore el estado actual de los equipos, ya que en el presente, se tienen tiempos de paros muy extensos como se puede observar en la tabla 1, de costos por paros de mantenimiento correctivo de 99,81 horas con pérdidas de hasta ₡ 808 987,45 el mes de septiembre y de 256,29 horas que incurre con pérdidas de hasta ₡2 105 311,44 en el mes de octubre, cabe resaltar que este valor es sólo por pérdidas de producción por el paro del equipo para solventar el fallo que se ocasionó en ese momento, por lo tanto falta incluir lo que sería mano de obra y repuestos, lo que aumentaría bastante el costo total del mantenimiento-correctivo.

Tabla 1 Costos de mantenimiento correctivo.

EQUIPO	MES SETIEMBRE				MES OCTUBRE			
	HORAS DE PARO MTO CORRECTIVO	COSTO POR MTO CORRECTIVO	HORAS DE PARO TOTAL	COSTO TOTAL POR PAROS	HORAS DE PARO MTO CORRECTIVO	COSTO POR MTO CORRECTIVO	HORAS DE PARO TOTAL	COSTO TOTAL POR PAROS
SPEED MÁSTER 74 5+L	53,25	€631 094,35	95,00	€1 232 963,34	122,50	€1 401 106,08	182,5	€2 149 069,48
PEGADORA JAGENBER	6,75	€52 226,63	22,41	€ 154 194,03	44,91	€383 036,37	67,83	€572 670,62
CILÍNDRICA N.º 1 GRANDE	2,91	€6 285,66	6,41	€10 642,39	24,83	€103 251,54	125,49	€535 189,73
SORZ + U.V. + BANDA IR	22,16	€70 522,16	45,99	€146 346,75	39,64	€126 197,54	98,61	€313 903,14
GTO VP	0,58	€2 736,11	48,39	€149 712,22				
CILÍNDRICA N°2 PEQUEÑA	4,33	€18 417,67	7,08	€30 199,20	18,25	€ 76 420,68	63,24	€242 722,24
GUILLOTINA POLAR 92ED	8,33	€24 813,60	15,24	€45 146,38	3,25	€9 677,32	23,82	€70 966,91
DOBLADORA	1,50	€2 891,27	1,83	€3 533,77	2,91	€5 621,91	2,91	€5 621,91
TOTAL	99,81	€ 808 987,45	242,35	€1 772 738,08	256,29	€2 105 311,44	564,40	€3 890 144,03

Fuente: Litografía Moravia S.A. (Excel, 2016)

Con este panorama, es evidente, que Litografía Moravia S.A., necesita un cambio de mentalidad, y apostar por un nuevo modelo de mantenimiento que les permita aumentar sus índices de mantenimiento como la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, a la vez que pueda disminuir los costos que se asocian al mantenimiento de los equipos, los cuales actualmente se encuentran en 40% de los costos de producción, ya que la carencia de un plan de mantenimiento sólido, ha repercutido en la incidencia de fallas en los equipos, y como no se cuenta con un departamento de mantenimiento, se debe recurrir a la tercerización, con altos costos y extensos períodos de paros de equipos.

Cabe resaltar, que los historiales de mantenimiento que se tienen poseen información muy limitada e insuficiente para poder realizar una buena gestión del mantenimiento. Al continuar en estas condiciones, la empresa se arriesga a tener mayores fallos en los equipos, pues conforme pasa el tiempo y sin aplicar el mantenimiento adecuado, los equipos se irán deteriorando aún más, las fallas serán más recurrentes y los tiempos de paros mayores, hasta que se encuentren con equipo obsoleto. En la perspectiva económica se tendrán mayores gastos, pues como se sabe, el mantenimiento correctivo es el tipo de mantenimiento al que se le asocian mayores gastos, sin incluir las pérdidas relacionadas al paro de la producción.

Como solución a este problema, en este proyecto se desarrollará un modelo de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad, con el que se pretende realizar planes de mantenimientos preventivos que se adapten a las condiciones actuales de los equipos, que permitan disminuir los costos de mantenimiento y mejoren los indicadores de mantenimiento de los equipos.

Así mismo, se recomienda disminuir la contratación de terceros por medio del desarrollo una serie de estrategias, que implementadas a través del desarrollo de técnicas e implementación de normas, puedan apoyar en un futuro próximo a un eventual Departamento de Mantenimiento o a la Gerencia General actual en la toma de decisiones técnico-económicas con respecto al mantenimiento.

Con esta nuevo modelo de gestión del mantenimiento, también se espera poder dar crecimiento a Litografía Moravia S.A., al incluir nuevos colaboradores en el área de mantenimiento, los cuales deben ser vistos no como un gasto más, sino, como una inversión que a futuro les permitirá una disminución de los costos de operación, cuya diferencia en un futuro, puede ser reinvertida para la ampliación de dicha empresa, o en la incursión de nuevos productos al adquirir equipos más especializados, brindando así mayor satisfacción a sus clientes.

1.10 Metodología

Tabla 2 Metodología del proyecto

	Etapa	Objetivo Asociado	Actividades
1	Inducción en la empresa.	Recopilar información de la empresa y de los equipos.	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento de los departamentos que conformar la empresa. • Conocer de forma detallada todo tipo de historial de mantenimiento que exista. • Analizar datos de los equipos como manuales del fabricante, fichas técnicas, entre otras. • Realizar levantamiento de los equipos en la empresa. • Realizar análisis de criticidad de los equipos de la empresa.
2	Desarrollar auditoria en el departamento de mantenimiento por medio la norma Covenin 2500-93.	Realizar una auditoría utilizando la norma Covenin, para verificar el estado actual de la gestión de mantenimiento que se realiza en el Litografía Moravia S.A.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar un auditoria colaborando cada uno de los puntos de la norma Covenin. • Determinar el estado o nivel en que se encuentra cada uno de los puntos de la norma. • Analizar los resultados por medio de gráficos y resúmenes que permitan evidenciar el estado de la gestión de mantenimiento en la empresa.

			<ul style="list-style-type: none"> • Establecer el personal técnico requerido para realizar las tareas administrativas y de mantenimiento de los equipos. • Capacitar al personal si se requiere.
3	Diseñar un modelo de gestión de mantenimiento.	Elaborar un modelo de gestión de mantenimiento con el cual se mejore los indicadores de mantenimiento de los equipos.	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el análisis de criticidad de los Equipos bajo el Método Semi-cuantitativo del Riesgo. • Elaboración de RCM para los equipos más críticos de Litografía Moravia S.A. • Planteamiento de los Planes de Mantenimiento para los equipos más críticos. • Elaborar un modelo de Gestión de mantenimiento de acuerdo con las necesidades del proceso productivo en la empresa.

4	Establecer los mecanismos de control de medición de la efectividad del nuevo modelo de Gestión de Mantenimiento.	Establecer los indicadores de mantenimiento que permita medir el desempeño, tanto técnico como financiero de los equipos.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la forma que se recopilara la información necesaria para el cálculo de los indicadores de mantenimiento. • Seleccionar los indicadores que se ajusten a la organización. • Establecer los rangos tolerables de los indicadores de mantenimiento según las necesidades de la empresa.
5	Rentabilidad del Proyecto	Evaluar la rentabilidad del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los costos asociados a los tiempos de paros de producción por fallas de los equipos. • Proyectar los costos asociados a la implementación del nuevo modelo de mantenimiento. • Determinar la rentabilidad del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia (Excel, 2016)

1.11 Alcance del proyecto

Este proyecto tiene como alcance realizar un modelo de gestión de mantenimiento para los equipos de Litografía Moravia S.A., en el cual se optimizarán los planes de mantenimiento para los equipos más críticos de esta empresa, con los que se espera obtener una disminución de los costos asociados al mantenimiento de los equipos, control del estado del departamento mediante un sistema de indicadores de mantenimiento. De igual forma se espera lograr una reducción en los tiempos perdidos por fallos del equipo valiéndose de los manuales de mantenimiento autónomo y mantenimiento preventivo como herramienta.

Así mismo, se realizarán análisis económicos de la situación actual de mantenimiento versus la proyección de los costos que se asocian a la implementación del modelo para determinar la rentabilidad del mismo.

También, se planteará un plan de tratamiento de los residuos de la empresa, para un menor impacto ambiental por parte de la compañía.

Finalmente, el entregable al finalizar el proyecto será, el informe escrito y demás documentos que respalden el modelo de gestión de mantenimiento realizado, así como el análisis económico y los indicadores de mantenimiento que corroboren la viabilidad del proyecto.

1.12 Limitaciones del proyecto

La principal limitación que enfrentará este proyecto es la limitante financiera, ya que actualmente la empresa ha pasado por varias crisis económicas por los excesivos paros del principal equipo de la empresa, que ha generado atraso en pedidos e insatisfacción en clientes importantes, provocando pérdidas monetarias considerables a la empresa.

Por el motivo anterior, el proyecto se debe considerar como confidencial para no divulgar el estado actual de la empresa a terceros que puedan valerse de la información para perjudicar a la empresa Litografía Moravia S.A.

La segunda limitante es la información que se tiene por parte de los encargados del mantenimiento de Grupo Litográfico, pues la información que poseen es escasa y poco detallada, por lo cual se considera el conocimiento de los operarios que controla cada equipo para adquirir la información necesaria y se validará por medio de especialistas externos e información del fabricante.

Otra situación que se enfrentará en la realización del proyecto es el cambio cultural que se debe realizar para poder lograr la implementación del nuevo modelo planteado, pues se está ante una empresa que ve las acciones de mantenimiento como gastos innecesarias y no como una inversión, por lo que este proyecto debe demostrar que realmente la implementación de dicho modelo traerá muchos beneficios, para que estos empresarios puedan abrir sus mentes y estar dispuestos a cambiar la cultura que se tiene en cuanto al mantenimiento.

CAPÍTULO 2: Marco Conceptual

En el presente capítulo se abarcarán los conceptos necesarios para el correcto entendimiento de los temas tratados en el desarrollo del proyecto. Se definirán temas como el concepto de mantenimiento Industrial y su importancia en la industrial, la definición de Gestión de Mantenimiento, los diferentes tipos de Mantenimientos, además de conceptos como confiabilidad, disponibilidad, y breves descripciones de las diferentes normativas que se utilizarán a lo largo del desarrollo del proyecto.

2.1 Mantenimiento Industrial

El mantenimiento industrial se puede definir como las acciones o actividades que se realizan con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos o instalaciones que conforman un proceso productivo, con el fin de que este alcance un alto rendimiento (Olarte C, Botero A., & Cañon A., 2010).

El concepto de mantenimiento industrial ha sido un tema que ha ido ganando importancia a lo largo de la historia, pues los empresarios están empezando a comprender la importancia del mantenimiento, pues la falta de este puede llegar a repercutir en paros de producción muy extensos, y por tanto, grandes pérdidas de dinero.

Así mismo, hoy, las empresas que logran demostrar la calidad de sus productos logran sobresalir en el mercado. Dicha demostración de calidad de productos o servicios se logra a través de normas, como la ISO 9001, la cual exige que las empresas que deseen certificarse en dicha norma cumplan con un adecuado plan de mantenimiento que les permita mantener, sus instalaciones, herramientas y equipos, en las mejores condiciones (Olarte C, Botero A., & Cañon A., 2010).

Si se cuenta con la estructura, herramientas y equipo en buenas condiciones, se podrá asegurar que la compañía produzca productos de mayor calidad, por lo que el mantenimiento industrial no puede ser considerado solamente como un área de servicio, pues las acciones que se realicen dentro de su plan de acción, repercutirán en la calidad del producto, en los costos asociados a la producción, la seguridad tanto de las máquinas como del personal, e incluso en el impacto ambiental que el proceso productivo pueda tener.

2.2 Tipos de Mantenimiento

Existen varios tipos de mantenimiento, las estrategias que se utilizan en cada uno es lo que las define, con base en esto se pueden encontrar principalmente dos tipos de mantenimiento, los cuales son: mantenimiento correctivo, y mantenimiento preventivo.

2.2.1 Mantenimiento Correctivo

Este tipo de mantenimiento se caracteriza por ser una estrategia de mantenimiento reactiva, ya que se realiza la acción de mantenimiento hasta que el componente o sistema ya han fallado.

Rodríguez, Miguel & Sánchez (2001), lo definen como un mantenimiento cuya función es restaurar el estado operacional de un equipo o componente, en el que no se realiza un planeamiento previo ya que se toman las decisiones hasta que ocurre la falla.

Esta estrategia de mantenimiento es poco eficiente, ya que no permite la planificación para el control de la avería, así mismo, al dejar que el equipo falle, puede provocar que las consecuencias de la falla sean mayores, incluso darse una pérdida total del equipo o pérdidas humanas.

Otro inconveniente con este tipo de estrategia, son los altos tiempos de paro del equipo, ya que, dependiendo de la falla, y de los repuestos que se deben adquirir para la reparación de la misma, el tiempo de paro se puede prolongar, lo que disminuye los indicadores de mantenimiento como la confiabilidad del equipo.

2.2.2 Mantenimiento Preventivo

Este mantenimiento se caracteriza por ser un tipo de mantenimiento programado, en el cual se establecen rutinas de mantenimiento que se realizarán de forma periódica, al ser un mantenimiento programado, facilita la adquisición de repuestos y disminuye el tiempo de intervención del equipo.

Rodríguez, Miguel & Sánchez (2001), mencionan que el mantenimiento preventivo realiza inspecciones periódicas a los componente o sistemas, realización de limpieza, lubricación, ajustes, comprobación y remplazo de componentes que pudieran fallar antes de la próxima inspección.

Este tipo de mantenimiento tiene muchas ventajas, como la planificación que se tiene para la realización de las acciones de mantenimiento, lo que facilita los aspectos de logística, y la disminución de la probabilidad de la ocurrencia de fallas, sin embargo, también tiene aspectos en contra como lo es que no contempla la condición actual de los equipos, por lo que no se asegura una maximización de los recursos dedicados al mantenimiento.

2.3 Proceso de Gestión del Mantenimiento

La nueva definición de una gestión de mantenimiento incluye la determinación de los objetivos y prioridades del mantenimiento, lo cual se definirá como las metas a seguir por el departamento de mantenimiento, con lo cual se plantearán estrategias, que serán los métodos que se utilizarán en la gestión para alcanzar los objetivos planteados (Parra Márquez & Crespo Márquez , 2015).

Las estrategias para la implementación de una gestión de mantenimiento se deben planificar y programar para que, con la ejecución de las mismas, se logre una realización y mejora del modelo de gestión que se plantee, siempre teniendo en cuenta los aspectos económicos que sean de relevancia para la empresa (Parra Márquez & Crespo Márquez , 2015).

Para lograr lo antes mencionado, Crespo (2007), afirma que se puede lograr al entender los siguientes enunciados:

El proceso de gestión de mantenimiento debe seguir una serie de pasos.

El marco general de referencia para la gestión del mantenimiento, el cual se refiere a la estructura básica de soporte constituida por una serie de herramientas que a su vez conforman un sistema básico, con lo que se puede alcanzar una gestión avanzada del mantenimiento.

Un proceso de gestión de mantenimiento se compone de dos partes principales: La definición de la estrategia de mantenimiento, y la implementación de la estrategia de mantenimiento.

Para la realización de la primera parte de la gestión (La definición de la estrategia), se deben definir los objetivos de mantenimiento, pues estos servirán como la base para plantear la estrategia que se utilizará en la gestión de mantenimiento que se implemente.

La segunda parte en la que se divide el proceso de la gestión del mantenimiento, es decir la implementación de las estrategias que se plantean en la primera parte del proceso, está relacionado con la habilidad para asegurar niveles adecuados en la formación del personal, de la preparación de los trabajos, la selección de las herramientas adecuadas para las diferentes tareas a realizar y con el diseño y ejecución de las tareas programadas en los planes de mantenimiento (Parra Márquez & Crespo Márquez , 2015).

2.3.1 Modelo de Gestión del mantenimiento

Crespo (2007), establece un modelo genérico para la realización de un modelo de gestión de mantenimiento, el cual consiste en la realización de una serie de fases, que facilitarán a los gestores de mantenimiento la aplicación de una gestión. Dicho modelo, incluye gran parte de los modelos que se pueden encontrar en la literatura, o de los que se han utilizado en empresas de alta excelencia.



Figura 2.1 Fases para la elaboración de modelo de Gestión de Mantenimiento

Fuente: (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2015).

Las primeras tres etapas del modelo que plantea Crespo (2007), serán los que condicionen la eficacia de la gestión que se desarrolle. Las siguientes fases, aseguran la eficiencia de la gestión de mantenimiento y la mejora continua de la misma de la siguiente manera: La fase 4 y 5 se encargan de las acciones para la planificación y programación del mantenimiento, la fase 6 y 7 se concentran en la evaluación y control del mantenimiento y los costos de los activos a lo largo de su ciclo de vida, y finalmente, la fase 8 se enfoca en las acciones que se realizarán para asegurar una mejora continua de la gestión de mantenimiento que se plantee (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2015).

2.4 Normativas asociadas al Proyecto

2.4.1 Balance ScoreCard

En la siguiente figura se muestra las perspectivas planteadas por Kaplan y Norton para el Balanced Scorecard.

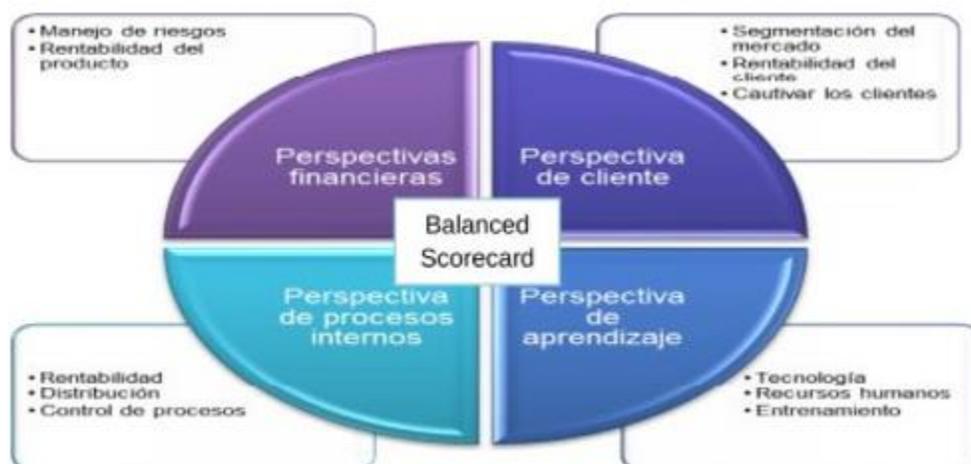


Figura 2.2 Perspectiva del Balanced Score card

Fuente: Kaplan, R.; Norton, D. (2009).

El Balanced Scorecard, no se apega a una única perspectiva, sino que contempla las cuatro simultáneamente, identificando así las relaciones que existen entre ellas, con lo que se puede establecer una cadena de causa-efecto para así tomar iniciativas necesarias para cada nivel. Al conocer la relación entre los objetivos de las diferentes perspectivas, permite obtener en forma progresiva los resultados de los indicadores, ajustándolos así en la cadena, en las iniciativas o en las palancas de valor, con el firme propósito de cumplir con las metas a niveles superiores según la secuencia (Alveiro, 2011).

Es por esto que el Balance Scorecard constituye una garantía del fortalecimiento de los recursos humanos, tecnológicos, de información en la dirección exigida por los procesos y en la alineación con las expectativas de los clientes, lo que ha de representar una base para la consecución de los resultados financieros afines con los objetivos establecidos.

2.4.2 Perspectiva Financiera

Tiene como finalidad responder a los accionistas con respecto a sus expectativas, se orienta en la creación de valor para los accionistas, con altos índices de rentabilidad y garantías de desarrollo y mantenimiento del negocio. Para esto se definen objetivos e índices que representen las expectativas de los interesados frente a medidas financieras de desarrollo, beneficio, retorno de capital y uso de capital, entre otros (Alveiro, 2011).

La intención de esta perspectiva es la medición de aquellos resultados alcanzados, y la realización de un análisis de la rentabilidad de la organización para los inversionistas.

Los objetivos de la perspectiva financiera indicarán sí contribuyen a la mejora mínima aceptable y a la satisfacción de los accionistas, pues como lo menciona Kaplan (2009), "los objetivos financieros acostumbran a relacionarse con la rentabilidad, el crecimiento y el valor de las acciones".

2.4.3 Perspectiva del Cliente

Esta perspectiva se enfoca en la esperanza de los clientes de la organización, los objetivos que se planteen en esta perspectiva dependerán en gran medida de la generación de los ingresos y por ende de la generación de valor que refleje la perspectiva financiera (Alveiro, 2011).

Dicha perspectiva es fundamental para la medición de la capacidad de la organización en la rentabilidad y satisfacción de las necesidades de los clientes, con lo que se puede evaluar los logros históricos, para indicar así la proyección y los logros alcanzados.

2.4.4 Perspectiva Procesos Internos

En esta perspectiva se identifican los objetivos e indicadores estratégicos asociados a los procesos clave de la organización, de los que de su éxito dependerá la satisfacción de todas las expectativas (clientes e inversores). Se desarrolla después de la definición de los objetivos e indicadores de las perspectivas de los clientes y financiera, con lo que se permite el la alineación y la identificación de cada una de las actividades y procesos claves, planteando así objetivos específicos que permiten la satisfacción de los accionistas y clientes (Alveiro, 2011).

2.4.5 Perspectiva de aprendizaje

Esta perspectiva se orienta hacia los objetivos e indicadores que sirvan como plataforma para el desempeño futuro de la organización, refleja la capacidad de adaptación a los cambios, y a las mejoras que se realicen en la organización. El éxito a largo plazo y el crecimiento en la organización puede ser medido por la inversión en nuevas tecnologías y el aprendizaje continuo en dicha organización (Alveiro, 2011).

2.5 Auditoría COVENIN

Las normas COVENIN, han funcionado como un referente a nivel latinoamericano para el mantenimiento industrial, estas fueron desarrolladas, principalmente, en la Industria Petrolera de Venezuela, pero gracias a su versatilidad, pues pueden ser aplicadas en diversos tipos de empresa, son muy utilizadas.

Para la aplicación de esta norma, es necesario tener claras las siguientes definiciones, las cuales son establecidas en la norma COVENIN 3049-93:

- **Sistemas Productivos (S.P.):** Se utiliza esta abreviatura con el fin de referirse a sistemas productivos compuestos por diversos equipos, instalaciones, entre otros que reciben actividades de mantenimiento.
- **Mantenimiento:** El mantenimiento va a ser todo ese conjunto de acciones que permitan conservar un sistema productivo en un estado determinado con el fin de que cumpla con sus objetivos determinados.
- **Gestión de mantenimiento:** Se establece que es la utilización de la mejor forma de los recursos económicos, humanos y de tiempo para así alcanzar los objetivos establecidos por mantenimiento.
- **Objetivo de mantenimiento:** Mantener un SP de tal forma que pueda cumplir con su función y así lograr ya sea cumplir con la producción esperada o la calidad de servicio brindada dependiendo del caso.
- **Objeto de mantenimiento:** Son aquellos SP que deben ser mantenidos para satisfacer ya sea la producción o el servicio.

- Trabajo de mantenimiento: Son todas aquellas acciones llevadas a cabo para cumplir con los objetivos establecidos.
- Recursos de mantenimiento: Son los insumos o aspectos necesarios para poder llevar a cabo las labores de mantenimiento (materiales, financiero, humano, entre otros).
- Mantenimiento rutinario: Es aquel que puede ser brindado directamente por los operarios y se refiere a actividades simples pero que permiten mantener la vida útil de la máquina evitando su desgaste. Entre ellas se encuentran lubricación, limpieza del área de trabajo, calibraciones, entre otros.
- Mantenimiento programado: Este tipo de mantenimiento se basa principalmente en especificaciones técnicas brindadas por fabricantes, diseñadores, usuarios, experiencia entre otros para poder determinar las debidas frecuencias de intervención a los objetos de mantenimiento. Las frecuencias normalmente brindadas abarcan desde quincenal hasta anual.
- Mantenimiento por avería: Se define como la atención a un SP en el momento en que se genera una falla. El fin primordial es que los equipos se mantengan en servicio y que los tiempos en que se encuentren detenidos sean muy bajos. Es por ello que este tipo de mantenimiento es de emergencia y no tiene ningún tipo de programación.
- Mantenimiento correctivo: El mantenimiento correctivo, de acuerdo con la norma trata de eliminar las necesidades de mantenimiento mediante la corrección de fallas. Entre las acciones más comunes realizadas para este tipo de mantenimiento se tienen la modificación de partes de equipos, cambio de especificaciones, entre otros. Dentro del mantenimiento correctivo a pesar de que soluciona fallas debe tener cierto tipo de programación en cuanto a que el equipo de trabajo pueda contar con los equipos, personal disponible y capacitado y tiempo para poder atacar la misma o determinar el mejor momento para realizarla.

- **Mantenimiento circunstancial:** De acuerdo con la norma, este tipo de mantenimiento combina diversos de los tipos de mantenimiento ya mencionados, debido a que los equipos funcionan de forma alterna, pero de la misma manera necesitan una programación de rutinas que no es fija. Esto debido a que no siempre se encuentran en uso. Es necesario rescatar que este tipo de equipos dependen de la capacidad de producción y su demanda o la reducción de las ventas o del personal. Es decir, son variables con la producción y otras características de los procesos productivos. Esto quiere decir que se aprovechan las circunstancias para dar el respectivo mantenimiento a los equipos, por ejemplo, en el momento en que una máquina se detenga por falta de materia prima o alguna otra circunstancia.
- **Mantenimiento Preventivo:** El mantenimiento preventivo se enfoca en el estudio de fallas donde se puede discriminar la clasificación de las fallas como del tipo correctivo o que se intervengan a tiempo antes de que la máquina presente indicios de fallo. Se utilizan métodos estadísticos entre otros para determinar frecuencias de inspecciones a realizar por el equipo de mantenimiento. El objetivo primordial es adelantarse a la aparición de la falla.

2.5.1 Norma COVENIN 2500-93

La aplicación de esta norma arrojará un resultado cuantitativo, ya que se realizará una auditoría, la cual dará como resultado una calificación, con la que se podrá determinar el estado actual de la organización de la empresa.

Los aspectos que se analizarán para obtener la calificación se encuentran:

- a) Organización de la empresa
- b) Organización de la función de mantenimiento
- c) Planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento
- d) Competencia del personal

Fuente: (Comisión Venezolana de Normas Industriales, 1993).

Para el correcto entendimiento de la auditoría es necesario definir una serie de conceptos que van a ser utilizados, estos son: principios básicos y deméritos.

- a) Principios básicos: Este concepto debe de reflejar el funcionamiento y normas de la empresa y los elementos necesarios que permitan lograr los objetivos del departamento de mantenimiento.
- b) Deméritos: Son aquellos aspectos que se relacionan con los principios básicos y restan efectividad a los principios básicos, por lo que les otorgan calificaciones menores al 100%.

Continuando con lo establecido por la norma, se toma en cuenta diversos criterios para poder determinar la debida calificación del principio básico o del demérito.

- a) Criterios para ponderar principios básicos:
 - i. Se debe entrevistar a los altos sectores de la empresa con el fin de poder recolectar información para analizar los aspectos de cada principio básico.
 - ii. Durante la primera entrevista no se profundiza en el análisis, es decir, no se evalúan directamente los deméritos, sino que se centra en el principio básico.
 - iii. Si se tiene que el principio básico existe en alguna medida se aplica la puntuación completa para luego evaluar los deméritos.
 - iv. Si se deduce desde el inicio de la entrevista que el principio básico no existe dentro de la empresa, se evalúa con cero puntos y por ende no se analizan los deméritos.
- b) Criterios para ponderar deméritos:
 - i. Si se tiene claro que existe un principio básico, el evaluador debe de buscar cualquier aspecto que no se cumpla en cuanto a ese principio para restarlo del total de los puntos, la resta de puntos se realiza dependiendo de la intensidad de incumplimiento.
 - ii. Los deméritos pueden restar cualquier valor entre cero y el máximo de puntos indicado para cada uno de ellos de acuerdo con la intensidad en que el demérito se presente.

La norma establece una ficha de evaluación donde se contemplen datos de la misma con el fin de poder identificar al evaluador responsable, el nombre de la empresa, fecha de realización y el número de inspección.

Por otro lado, se establece un sistema de puntuación para la ficha en donde se realizan una serie de cálculos:

- a) Se debe tener una columna donde se especifiquen los deméritos con su respectiva calificación.
- b) La columna que sigue a la anterior debe sumar todos los deméritos obtenidos para cada principio básico.
- c) La columna siguiente realiza la resta entre los puntos totales obtenibles para cada principio básico y la suma total de deméritos para ese principio básico.
- d) Para poder obtener puntuaciones del tipo gráficas, o porcentuales, lo que se realiza es una comparación entre el total de puntos obtenidos para un área con el total de puntos obtenibles para esa área. Esto para determinar el porcentaje total de cada área. Pero también puede determinarse el porcentaje de cada principio básico al comparar el total de puntos obtenidos en cada principio básico con los puntos totales obtenibles de cada uno de los principios.

Dentro de la evaluación COVENIN no se presenta la forma de determinar un parámetro sobre cuál es un buen porcentaje o uno malo, es por esto que para poder establecer una referencia en qué estado se encuentra el mantenimiento dentro de la empresa es necesario utilizar rangos que permitan tener un indicio de la posición actual.

Entonces, se utilizan una serie de rangos y clasificaciones dadas por (Vásquez) en uno de sus informes denominado “Instrumentos de medición para diagnosticar la gestión del mantenimiento.” Este autor a su vez se basa en (Villamizar, 2007) de donde determina una escala de medición que abarca valores desde 0% hasta 100 %. Estos van a tomarse como referencia en el momento de evaluar la condición del departamento de mantenimiento dentro de la empresa. A continuación, se muestra la clasificación dada por estos autores:

- a) Excelencia (91%-100%): Mantenimiento de Clase Mundial, las mejores prácticas operacionales.
- b) Competencia (81%-90%): Gestión con tendencias a ser de Clase Mundial, tiene operaciones efectivas, pero aún puede mejorar.
- c) Entendimiento (71%-80%): Gestión básica de mantenimiento, se aplica en menor medida a las anteriores prácticas de mantenimiento mundial. Mejor que el promedio.
- d) Conciencia (51%-70%): Gestión básica de mantenimiento, no se conocen las mejores técnicas o filosofías de mantenimiento.
- e) Inocencia (0%-50%): No hay gestión de mantenimiento básica, está por debajo del promedio.

2.6 Conceptos Financieros

2.6.1 Valor Actual Neto

El Valor Actual Neto (VAN), se define como el valor actualizado de la corriente de los flujos de caja que el proyecto promete generar a lo largo de su vida. Para que un proyecto sea rentable el VAN debe ser mayor que 0, es decir, cuando la suma de todos los flujos de caja valorados en el año 0 supera la inversión inicial (Santos, 2008).

Entre más elevado sea el valor del VAN, mayor será la rentabilidad del proyecto, pues significa que el proyecto generara mayor valor para la empresa.

Si el VAN es igual a 0, significa que dicho proyecto genera los flujos de caja necesarios para realizar todos los pagos, y recuperar el valor de la inversión inicial, pero no aporta ningún beneficio económico para la empresa.

Este es un concepto importante para determinar la rentabilidad de un proyecto, pues si se deciden realizar los proyectos con un valor de VAN positivo, se pronostica que la inversión generara valor para quienes la realizan.

2.6.2 Tasa Interna de Retorno

La tasa interna de retorno (TIR), es la medida de la rentabilidad relativa de una inversión, es decir, es la tasa de descuento para la cual un proyecto tendría un VAN igual a 0. Por lo que la TIR, se define como la tasa de interés compuesto al que permanecen invertidas las cantidades no retiradas del proyecto de inversión, y depende únicamente de los parámetros propios de proyecto (Santos, 2008).

Junto con el valor actual neto, la tasa de retorno es una de las herramientas más utilizadas para la realización de estudios de factibilidad.

2.6.3 Períodos de Recuperación

Consiste en la determinación del número de periodos necesarios para la recuperación de la inversión inicial a partir de los flujos netos de caja generados, al obtenerse el período, se debe realizar una comparación entre lo esperado por la empresa tomando en cuenta la vida útil esperada del proyecto (Sánchez, 2003).

2.6.4 Razón Beneficio/ Costo (B/C)

Muestra cuanto será el beneficio al realizar la inversión, es muy funcional para la toma de decisiones al igual que el VAN y la TIR, pues se reduce a una sola cifra, con la cual se tomará la decisión de realizar o no la inversión, si es mayor que 1, se acepta el proyecto, y menor que 1, se rechaza el mismo (Sánchez, 2003).

CAPÍTULO 3: Evaluación de la Gestión de mantenimiento de Litografía Moravia S.A.

El paso inicial para el desarrollo del proyecto es establecer el punto actual en que se encuentran los diferentes aspectos que involucran al departamento de mantenimiento, con el fin de poder detallar las mejoras que requiere dicho departamento dentro de la empresa y posteriormente, permitir la evaluación de un antes y un después, para la verificación del cambio ocurrido durante la realización del proyecto. Es por este motivo que se decide emplear la Norma COVENIN 2500-93 “Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria”.

Según hace referencia a la normativa, la aplicación de la auditoría involucra a varios departamentos dentro de la empresa, ya que permite verificar la relación del departamento de mantenimiento con respecto a la organización general de la empresa en aspectos como lo son apoyo financiero, organización, recursos requeridos, entre otros. De igual forma el énfasis principal de la auditoría se enfoca en el funcionamiento y organización del departamento de mantenimiento verificando cada uno de los tipos de mantenimiento que se pueden ejecutar en la empresa.

Para la aplicación de la normativa se recurre inicialmente a la Norma COVENIN 3049-93 "Mantenimiento Definiciones" para tener un mejor conocimiento de los conceptos que se utilizan en la auditoría de la empresa.

Con base en la Normativa COVENIN 2500-93 y la COVENIN 3049-93 se diseña un formulario de principios básicos y deméritos establecidos dicha norma, que se deben de analizar. Este documento contiene los datos importantes como, fecha de auditoría, nombre del evaluador, nombre de la empresa donde se realiza la auditoría y por último la forma de otorgar la puntuación a los principios básicos de la auditoría.

El formulario se divide por áreas involucradas dentro de la empresa y de cada área se asignan los principios básicos de la normativa que se deben de cumplir dentro de la empresa, así mismo, a los principios básicos son asociados deméritos, dichos deméritos son acciones que hacen que no se cumplan los principios básicos, es decir, al cumplirse un demerito, se le restara un valor asignado al principio básico que se asocia, por lo que el área que tenga más deméritos, obtendrá una puntuación menor en la auditoría.

La estructura de puntuación planteada por la normativa es la siguiente: cada uno de los principios básicos tiene un puntaje establecido, el cual es la mayor puntuación que pueden obtener al cumplir con dicho principio, los deméritos asignados tienen su propia puntuación y dependiendo de los incumplimientos en el principio básico se otorga puntaje a los deméritos.

Para la realización de la auditoria en la empresa Litografía Moravia S.A., se utilizará el criterio de valoración de los deméritos como se muestra en la siguiente tabla, esto con el fin de ser conciso e imparcial en la auditoría de todas las áreas.

Tabla 3 Puntuación de Deméritos

EVALUACIÓN DEMÉRITOS	PTS
No lo tiene	Máx.
Cumple pero falta	Mitad
Cumple con todo	Ninguno

Fuente: Elaboración propia, Excel 2016

Con este criterio de evaluación se tiene lo siguiente, los principios básicos tendrán un puntaje máximo asignado, este puntaje real que obtenga el área auditada, dependerá de los deméritos que el área cumpla de manera parcial o total, pues el puntaje de los deméritos se resta del puntaje máximo de los principios básicos para obtener la calificación real. Si el área no cumple con ningún demerito o estos no aplican, dicha área obtendrá la puntuación máxima.

En la Tabla 4 se observa las áreas que se van a evaluar en el formulario y los principios básicos que componen cada una de estas para realizar la auditoría en Litografía Moravia S.A.

Tabla 4 Áreas y principios básicos tomados en cuenta para la auditoría

N°	AREA	PRINCIPIO BÁSICO	PUNTOS
1	Organización de la empresa	1. Funciones y responsabilidades	60
		2. Autoridad y autonomía	40
		3. Sistema de información	50
2	Organización de mantenimiento	1. Funciones y responsabilidades	80
		2. Autoridad y autonomía	50
		3. Sistema de información	70
3	Planificación de mantenimiento	1. Objetivos y metas	70
		2. Políticas para planificación	70
		3. Control y evaluación	60
4	Mantenimiento rutinario	1. Planificación	100
		2. Programación e implantación	80
		3. Control y evaluación	70
5	Mantenimiento programado	1. Planificación	100
		2. Programación e implantación	80
		3. Control y evaluación	70
6	Mantenimiento circunstancial	1. Planificación	100
		2. Programación e implantación	80
		3. Control y evaluación	70
7	Mantenimiento correctivo	1. Planificación	100
		2. Programación e implantación	80
		3. Control y evaluación	70
8	Mantenimiento preventivo	1. Determinación de parámetros	80
		2. Planificación	40
		3. Programación e implantación	70
		4. Control y evaluación	60
9	Mantenimiento por avería	1. Atención a las fallas	100
		2. Supervisión y ejecución	80
		3. Información sobre las averías	70
10	Personal de mantenimiento	1. Cuantificación de las necesidades de personal	70
		2. Selección y formación	80
		3. Motivación e incentivos	50
11	Apoyo logístico	1. Apoyo administrativo	40
		2. Apoyo gerencial	40
		3. Apoyo general	20
12	Recursos	1. Equipos	30
		2. Herramientas	30
		3. Instrumentos	30
		4. Materiales	30
		5. Repuestos	30

Fuente: Elaboración propia, Excel 2016

3.1 Desarrollo de la auditoría

Como se mencionó anteriormente, la normativa evalúa diferentes áreas de la empresa y dentro de estas se establecen diversos principios básicos. Al incumplir con alguno de los principios se aplican varios deméritos que restaran cierta puntuación dependiendo del nivel de cumplimiento de demérito.

Luego se identifican las áreas que involucran la auditoría y el responsable de cada una para conseguir la información y verificación de los principios básicos, en el formulario utilizado en la auditoria se coloca la puntuación obtenida en los deméritos y se colocan la puntuación de los principios.

Después de realizar la auditoría, se obtiene la puntuación final por principio básico y por lo tanto la calificación de cada área donde se compara con el máximo obtenible para determinar el porcentaje de cumplimiento y la diferencia con el caso ideal. De esta forma se permite identificar el estado de cada área y las mejoras necesarias, de igual forma se obtienen una calificación de los principios y con esta información se puede realizar un análisis por principios básicos si es requerido.

La calificación global de la empresa se calcula por medio de la suma de puntos obtenidos y la comparación con la suma de máximos puntos posibles a obtener en la auditoría, de esta forma se da el punto actual del estado global de la gestión de mantenimiento de Litografía Moravia S.A.

Así por medio de este método se pretende obtener el estado actual y permitir enfocarse en las diferentes áreas que requieren una mejora dentro de la organización, estableciendo prioridades que generen en un futuro al realizar una nueva auditoría, mejoras detectables.

3.2 Implementación de la auditoría en la empresa

Anteriormente, se mencionó los aspectos y forma de verificar la normativa COVENIN 2500-93, las definiciones que componen la normativa según COVENIN 3049-93 y la estructura de realizar la puntuación.

En la implementación de la auditoría dentro de la empresa se utiliza el formulario que permite verificar los datos requeridos por la norma, con el fin de calificar cada principio básico y obtener los resultados necesarios para realizar el análisis y graficación que permita un mejor entendimiento del estado actual de la gestión de mantenimiento de Litografía Moravia.

La metodología por emplear durante la auditoría fue tomar dos semanas para solicitar información y documentación a los departamentos dentro de la empresa y a los responsables de cada área a auditar de la siguiente forma:

1. Departamento de Gerencia: Entrevistar a personal a cargo de gerencia para determinar la relación que mantiene con los demás departamentos, haciendo énfasis al departamento de mantenimiento, determinar funciones del personal y cantidad de recursos otorgados a los demás departamentos.
2. Departamento de mantenimiento: Entrevistar al encargado de mantenimiento y al personal a cargo para determinar el estado actual del mantenimiento como, por ejemplo: capacidad de personal, recursos, relación con demás departamentos, funciones y responsabilidades, entre otros.
3. Departamento de Contabilidad: Entrevistar al encargado de contabilidad para determinar el presupuesto y recursos asociados al mantenimiento.
4. Operarios de Planta: entrevistar a los operarios de cada equipo para detallar el mantenimiento que se realiza y las carencias de este en los equipos.
5. Inspección visual: Detallar las actividades de mantenimiento que se realicen y observar el método o proceso de las actividades, permitiendo así observar carencias o deméritos que se realizan durante el proceso.

6. Procesos de Mantenimiento: Realizar seguimiento de las actividades del departamento de mantenimiento para detallar errores y funciones que se realizan en la empresa.

De esta forma se obtuvo la información que permitió realizar una evaluación según el formulario digital elaborado para la auditoría y así calificar cada área de la empresa y de igual forma obtener una calificación global del estado actual de la gestión de mantenimiento de Litografía Moravia S.A.

3.3 Situación Actual de la gestión de mantenimiento en Litografía Moravia S.A.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en la auditoría, dichos resultados serán analizados según las áreas establecidas por la norma.

3.3.1 Organización de la Empresa

En Litografía Moravia se cuenta con un organigrama general, el cual involucra los departamentos de las diferentes jefaturas, pero en dicho organigrama, no se especifican los diferentes puestos en los que está estructurada la organización. Por ejemplo, los supervisores de las diferentes áreas de producción no se detallan en el organigrama, por lo cual no permite identificar el correcto nivel jerárquico de los departamentos. Además del faltante de los departamentos de supervisión, el organigrama no hace referencia al departamento de mantenimiento. Como se observa en el organigrama actual de la empresa Figura 1.1 con los diferentes departamentos.

Al realizar una reunión con el Jefe de Producción sobre la estructuración del organigrama y la faltante de varios departamentos, se concluyó que la empresa no ha tomado en cuenta la importancia del mantenimiento y dichas actividades que van asociadas a este departamento, así como la actualización del organigrama, ya que esta no se ha realizado en mucho tiempo.

Con respecto a las responsabilidades o funciones por cada puesto de Litografía Moravia, estos se encuentran en digital en conjunto con la documentación del Sistema de Gestión de Calidad y se detalle de forma clara las labores de la mayoría de los puestos.

Tabla 5 Funciones de los Puestos de Litografía Moravia

Puesto	Área Funcional o Departamento	Ubicación	Dependencia Jerárquica
Inspector de calidad	Calidad	Planta	Jefe de Aseguramiento de Calidad
Programador de Producción	Producción - Operaciones	Planta	Jefe de Producción
Ayudante	-	-	-
Operario	Producción - Operaciones	Planta	Jefe de Producción
Supervisor de Impresión	Producción - Operaciones	Planta	Jefe de Producción
Jefe de Producción	Producción - Operaciones	Planta	Gerencia General
Jefe de Aseguramiento de Calidad	Incompleto	Incompleto	Incompleto
Supervisor de Acabado Final	Producción - Operaciones	Planta	Jefe de Producción
Supervisor de Pre Prensa	Incompleto	Incompleto	Incompleto
Supervisor de Pegadora	Producción - Operaciones	Planta	Jefe de Producción
Supervisor de Troquelado	Producción - Operaciones	Planta	Jefe de Producción

Fuente: Elaboración propia, Excel 2016

Como se observa en la Tabla 5 las responsabilidades del jefe de aseguramiento de calidad, Supervisor de Pre Prensa y Ayudante no cuenta con las funciones establecidas en su área de trabajo y al encuestar a los empleados sobre sus funciones, muchos de ellos no tienen conocimiento de las diferentes funciones que deben realizar en el lugar que labora.

También se observa la duplicidad de funciones en la verificación de calidad, en la cual el inspector de calidad debe verificar muestras de producción, función que debería ejecutar el supervisor de cada área de producción, dando el visto bueno de la muestra a analizar.

3.3.2 Organización y Planificación del Mantenimiento

La empresa no cuenta con la organización de mantenimiento definida como un departamento dentro de los niveles jerárquicos del organigrama general, esto porque las pocas funciones de mantenimiento que se realizan son por medio del Jefe de Producción el cual es el encargado de procesar y planificar el mantenimiento, el cual se aplica aleatoriamente y sólo se ejecuta para la reparación de fallas que aparecen durante la producción.

Las responsabilidades y funciones de los encargados de mantenimiento no se tienen por el motivo anteriormente mencionado, los responsables de ejecutar el mantenimiento son los propios operarios de cada equipo, lo cual limita bastante el tipo de mantenimiento y las frecuencias en las que se pueda realizar ya que los operarios no tienen el conocimiento técnico para profundizar en el mantenimiento de los equipos. De igual forma la cantidad de empleados no permiten efectuar el mantenimiento que requiere los equipos, por lo cual la empresa subcontrata los servicios para realizar dichas labores.

La empresa cuenta con procedimientos de mantenimiento en los cuales se detallan los objetivos y metas del mantenimiento, pero no cuenta con un plan completo donde se detalle actividades y prioridades en los equipos que se deben de mantener dentro del proceso, lo que ha incurrido en el desgaste de los equipos. El registro de fallas se dejó de realizar hace un año y no se realiza ningún análisis estadístico o financiero sobre el costo del mantenimiento, esto resalta la mentalidad que tiene Litografía Moravia sobre el mantenimiento ya que no se registra ni realiza ninguna actividad de mantenimiento previamente planificada.

Al consultar el porqué del poco mantenimiento realizado, el Jefe de Producción hace referencia al mínimo apoyo de la Dirección Empresarial esto por la poca importancia que se otorga al mantenimiento y actualmente por el estado económico en que se encuentra la empresa que no permite invertir en diferentes áreas como lo es el mantenimiento.

La organización no cuenta con una correcta codificación lógica de los equipos que facilite la gestión de un mantenimiento y el registro de la información dentro del proceso, pero si se señala el equipo con el nombre de este, como se observa en la siguiente figura



Figura 3.1 Señalización en la Empresa
Fuente: Litografía Moravia S.A. 2018

Por esa razón se procederá a elaborar una codificación adecuada para los equipos utilizados en el proceso que permita identificar y registrar de forma sencilla algún mantenimiento que se realice.

En la actualidad Litografía Moravia no cuenta con la información de los equipos como son manuales de mantenimiento, inventarios de repuestos, catálogos de piezas y partes de cada elemento a mantener, cuando se requiere de algún tipo de información proceden a los proveedores o fabricantes de los equipos.

3.3.3 Mantenimiento Rutinario

La planificación del mantenimiento es mínima y actualmente la empresa dedica cierto tiempo de la semana a realizar mantenimiento de los equipos, sin planificar de manera clara y precisa las instrucciones técnicas para que los operarios realicen las tareas de forma correcta, esta forma de ejecución no permite la debida documentación del mantenimiento rutinario que se practica aleatoriamente.

Al ser el jefe de Producción quien se encarga de coordinar las diferentes tareas de mantenimiento que realizan ocasionalmente a los equipos, no da la importancia a dichas actividades, por lo que, en muchas ocasiones, estas son pospuestas para mantener la producción, por lo que se dejan pendientes tareas de mantenimiento importantes, lo que a su vez ocasiona fallos en los equipos.

Como se mencionó con anterioridad, al carecer de la información necesaria de los equipos en la empresa, no se tiene un stock de materiales y herramientas requeridas para la realización del mantenimiento. Es por esta razón y por tener un personal poco capacitado en esta área que para la ejecución de actividades complejas la empresa decide subcontratar el servicio de mantenimiento para los equipos.

La organización de mantenimiento de litografía Moravia no dispone de mecanismos o sistema que permita controlar y registrar las fallas, causas que generan las fallas, tiempos de parada, repuestos o herramientas utilizadas. Este es un aspecto sumamente negativo que no permite evidenciar por medio de un histórico de fallas la realización del mantenimiento y por lo cual un análisis más complejo no se puede elaborar por la falta de información.

Al no tener un registro se consulta la forma de verificación de mantenimiento el cual se realiza por medio del supervisor del área, pero este si está ausente por alguna razón, no se verifica las actividades y estas permanecen a criterio de los operarios que efectúan las acciones.

3.3.4 Mantenimiento Programado

Este apartado en la organización no se ejecuta dentro de la empresa ya que el total del mantenimiento realizado es prácticamente correctivo, pero actualmente cuentan con un plan de mantenimiento programado incompleto en el cual solamente se especifica actividades por frecuencias a dos equipos de la empresa.

El plan de actividades programadas no se realizó con la utilización de ningún estudio que especifique las necesidades reales de los equipos y no se tomó en cuenta ningún orden de prioridad, sino que fue realizado por la persona con mayor conocimiento del equipo para generar la programación de las actividades.

De igual forma el seguimiento que se aplicó al plan fue nulo, ya que no se ha ejecutado según las frecuencias establecidas y no existe ningún control de registros, ordenes de trabajo o evidencia de que se realizara.

3.3.5 Mantenimiento Correctivo

Lo que es relacionado con el mantenimiento correctivo, la empresa no cuenta con registros de fallas y no se clasifican para determinar la prioridad de atención de cada falla y por lo tanto no permite un estudio para evitar dichas fallas en el futuro.

Carece de mecanismos para distinguir la complejidad de las actividades a ejecutar y al surgir una falla se procede a reparar sin realizar un análisis de la causa que provoco el paro del equipo o el proceso.

El criterio de prioridad que utiliza el encargado de mantenimiento es la reparación del equipo principal de la empresa, el cual si se detiene produce grandes pérdidas de producción, por lo tanto, no se realiza ninguna programación de actividades de mantenimiento correctivo o planificación según atención de fallos.

El sistema de control que utiliza la organización es el de horas de mano de obra por lo que permite registrar las horas empleadas para el mantenimiento correctivo por los operarios. Pero este método de control no admite la especificación de tipo de falla, causas, repuestos o herramientas empleadas durante el correctivo, así que la información recopilada no permite una evaluación o análisis de incidencias en el equipo.

Además, el stock de repuestos está reducido a la adquisición de ciertos elementos, esto por el alto costo de los componentes de los equipos, lo cual incide en una mayor duración en la reparación de la falla, ya que la mayoría de los equipos son alemanes y el tiempo mínimo de la adquisición de los repuestos son cinco días.

De igual forma si la falla es muy compleja para los operarios se realiza la subcontratación del servicio de reparación, lo que aumentaría el costo en el mantenimiento correctivo.

3.3.6 Mantenimiento Preventivo

En este apartado la empresa carece mucho ya que no cuenta con los mecanismos necesarios para realizar estudios para determinar la confiabilidad, mantenibilidad o disponibilidad de los equipos por lo que no hay estudios estadísticos que determinen la revisión o sustitución de elementos con una frecuencia establecida.

En planificación de mantenimiento preventivo la empresa no cuenta con un sistema completo para programar algún tipo de mantenimiento ya que la empresa se encuentra en un estado en el que el mantenimiento no ha sido considerado importante durante mucho tiempo, esto según las encuestas realizadas a un gran número del personal de la empresa. Por lo tanto, se debe realizar un cambio de cultura desde el nivel jerárquico más alto en la estructura de Litografía Moravia para mejorar el área de mantenimiento.

La empresa posee un plan de mantenimiento en el cual se establecen actividades solamente de dos equipos, dicho plan se encuentra fuera de uso y no se ejecuta ningún mantenimiento de forma preventiva, por tal razón se plantea realizar un plan de mantenimiento basado en un RCM para los equipos más críticos de la empresa.

3.3.7 Mantenimiento por Avería

Al presentarse una avería la organización la atiende de forma rápida para disminuir el impacto en la producción y el equipo, pero no posee una forma o método eficiente para solventar dichos fallos, ya que Litografía Moravia no cuenta con el personal necesario y capacitado para la solución de averías importantes en los equipos, además que los tiempos de espera por repuestos o materiales son significativos para la empresa. Como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 6 Avería de la Speed Máster

Speed Master	
Fecha de Falla	27 de septiembre 2017
Fecha de Finalización de Reparación	26 de octubre 2017
Tiempo de Reparación (h)	142,5
Costo de Mano de Obra Interna	\$ 2,913.31
Costo de Mano de Obra Externa	\$ 16 000
Costo de Repuestos	\$ 72 153,44
Costo Total	\$ 91 066,75

Fuente: Litografía Moravia S.A.

En la tabla anterior se observa las fechas y el costo asociado a una avería en la impresora Speed Master, la cual provoco un paro importante en la producción, además, genero pérdidas en producción aproximadamente € 136 435 000.

Dicho fallo pudo ser evitado o por lo menos se pudo haber disminuido su impacto a la empresa si se hubiera realizado el mantenimiento adecuado, pues la falla alcanzo tal magnitud que genero varias averías en distintos elementos del equipo, el personal no estaba capacitado para atender la reparación por lo que se subcontrató el arreglo del equipo.

Además, se necesitó de varios repuestos que no se tenían en Stock y la adquisición de dichos elementos tomo varios días ya que se tuvieron que solicitar al fabricante del equipo, el cual se encuentra en Alemania. Todos estos factores influyeron en el paro de 142,5 horas, pérdidas considerables de producción y clientes insatisfechos por el incumplimiento de la entrega del producto.

Además de la poca logística en reparaciones de averías, estas no son registradas para realizar un análisis de averías y determinar la correcta forma de atacar las fallas lo que impide solventar las averías de la mejor forma y lo que provoca que el equipo continúe fallando y aumentando las horas de paro.

Es de suma importancia mejorar esta situación y establecer el método de reparación de averías para lograr la disminución de paros en la producción y reducir costos elevados de mantenimiento.

3.3.8 Personal de Mantenimiento

El personal establecido para realizar el mantenimiento en la empresa son los operarios de los diferentes equipos, por lo tanto, no se cuenta con ningún formato que especifique el número óptimo de personas que se requieren para la organización del mantenimiento y no se realiza ninguna selección de personal por medio de procedimientos o habilidades de las personas asignadas para ejecutar el mantenimiento.

El Jefe de Producción afirma que la empresa no tiene un estado económico estable para realizar la contratación de personal capacitado y con conocimientos técnicos para realizar las labores de mantenimiento.

3.3.9 Recursos y Apoyo Logístico

La empresa no cuenta con los recursos necesarios para la ejecución del mantenimiento, pero recientemente se mejoró el apoyo logístico de las diferentes departamentos, ya que se empezó a realizar mantenimiento preventivo un día a la semana a los diferentes equipos, es claro que se requiere muchas más metas y objetivos en el área de mantenimiento, pero se concibió un cambio de culturización en el cual la empresa quiere invertir tiempo y recursos en el mantenimiento, de esta forma se permite emplear en un futuro diferentes mecanismos y métodos para la mejora de la gestión de mantenimiento que se tiene actualmente.

3.3.10 Análisis de Resultados y recomendaciones

Como se aprecia en el apartado anterior, la empresa quiere efectuar un cambio de mentalidad con respecto al mantenimiento para reducir sus tiempos de paro y evitar atrasos en la producción. Es por esto por lo que después de evaluar el estado de la situación actual del mantenimiento se obtuvo los siguientes resultados en la auditoría COVENIN.

Tabla 7 Resultados de Auditoría COVENIN realizada en n Litografía Moravia

ÁREA	PUNTAJE IDEAL	PUNTAJE REAL	PUNTUACIÓN	DIFERENCIA	ESTADO ACTUAL
ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	150	110	73%	27%	Entendimiento
ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO	200	80	40%	60%	Inocencia
PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO	200	60	30%	70%	Inocencia
MANTENIMIENTO RUTINARIO	250	82,5	33%	67%	Inocencia
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	250	50	20%	80%	Inocencia
MANTENIMIENTO CIRCUNSTANCIAL	250	60	24%	76%	Inocencia
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	250	82,5	33%	67%	Inocencia
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	250	40	16%	84%	Inocencia
MANTENIMIENTO POR AVERÍA	250	60	24%	76%	Inocencia
PERSONAL DE MANTENIMIENTO	200	15	8%	93%	Inocencia
APOYO LOGÍSTICO	100	17,5	18%	83%	Inocencia
RECURSOS	150	43	29%	71%	Inocencia

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Como se observa en la Tabla 7 se calificó cada una de las áreas establecidas en la normativa luego se comparó la puntuación real con la ideal y se obtuvo una puntuación final por cada una de las áreas, luego se procedió a evaluar el estado actual según la siguiente Tabla 8

Tabla 8 Tabla de evaluación de la auditoría

Nivel	Porcentaje	Descripción
Excelencia	91%-100%	Posee excelentes practicas operacionales y ejecuta una gestión de mantenimiento de clase mundial
Competencia	81%-90%	El sistema de operaciones es efectivo en la empresa, con una gestión de mantenimiento con objetivos a clase mundial, pero con algunas deficiencias
Entendimiento	71%-80%	La empresa implementa ciertas mejoras de clase mundial, se encuentra en un nivel superior al promedio y posee una gestión de mantenimiento básica.
Conciencia	51%-70%	La empresa desconoce sistemas o filosofías de mantenimiento que la implementación permite lograr un mantenimiento de clase mundial y posee una gestión de mantenimiento básica.
Inocencia	0%-50%	No posee una gestión de mantenimiento, tiene muchas formas de mejorar y se encuentra en un nivel por debajo del promedio.

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

De esta forma se logró evaluar las áreas y se evidenció que el estado actual del mantenimiento, según las áreas, se encuentra en un estado de inocencia, con excepción de la organización de la empresa que tiene un nivel de entendimiento. Pero al analizar el estado global del mantenimiento se obtiene un valor de 28% lo cual se localiza en un nivel de inocencia.



Gráfica 3 Resultados de Auditoría en Litografía Moravia

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Como se puede observar, los resultados de la auditoría no son alentadores en la organización de la empresa, pero para los demás niveles a calificar son muy deficientes ya que se encuentran en un nivel de inocencia que representa que la gestión de mantenimiento actualmente en Litografía Moravia es por debajo del promedio.

Lo cual permite comprobar que la empresa se ha dedicado por mucho a mantenimiento correctivo y no se había valorado la mejora en la organización del mantenimiento en mucho tiempo, ya que el equipo funcionaba sin generar muchos paros, lo que actualmente provocó que los incrementos en los paros se elevaran y consigo los costos para realizar las reparaciones.

A partir de los resultados obtenidos de la evaluación del estado actual de la empresa, se determina que en la gestión de mantenimiento poseen niveles muy bajos en las diferentes áreas de mantenimiento auditadas. Además, no se cuenta con una estructura de mantenimiento que posea las funciones y objetivos claramente establecidos para la implementación de algún sistema de mantenimiento planificado o programado.

Debido al punto anterior se recomienda la estructuración de un modelo de gestión de mantenimiento que permita la mejora en las áreas de mantenimiento correctivo, rutinario, programado y mejoras en diferentes recursos para el mantenimiento.

Por lo cual se inicia las recomendaciones actualizando el organigrama, definiendo el departamento de mantenimiento dentro la empresa e identificar las líneas de autoridad y las diferentes dependencias de los departamentos. Luego se procede a definir al personal del departamento de mantenimiento, esto evaluando las necesidades de la empresa y las posibilidades que tiene la empresa para adquisición de nuevo personal o capacitación del personal actual.

Al definir al personal del departamento, se define las funciones y responsabilidades que permitan a los encargados el conocimiento de las acciones a seguir en el departamento, estas funciones relacionadas a los objetivos, misión y visión que se establecerán para el departamento.

Por otra parte, se pretende mejorar los flujos-gramas que especifican el orden de desarrollo de los trabajos que se realizan, para poder conocer el orden y seguimiento para el debido control de los mantenimientos ejecutados. De igual forma para facilitar el registro y el control de los equipos se diseñará una codificación que permita identificar los diferentes objetos de mantenimiento dentro de la empresa.

Como se observó en los aspectos más críticos a mejorar dentro de la organización son la planificación de mantenimiento, mantenimiento preventivo y programado. Es por eso, por lo que se realiza un análisis de criticidad y así evaluar el nivel de criticidad de los equipos, para definir prioridades dentro de la gestión de mantenimiento y luego realizar un programa de mantenimiento que permita mejorar la intervención de los equipos antes que se genere una falla y produzcan pérdidas de tiempo y costo de producción.

Eventualmente con la implementación de la gestión de mantenimiento se recomienda la integración de los equipos menos críticos para realizar un mantenimiento de forma general en los diferentes activos de la empresa.

Además de mejorar en los aspectos anteriormente mencionados, se debe de optimizar o mejorar en las áreas que actualmente se realizan en la empresa, como lo es el mantenimiento correctivo y por averías, mantenimiento rutinario y lo que son recursos en general. Por lo cual se debe mejorar lo que es planificación en los trabajos correctivos, control y seguimiento de fallas y un stock con los elementos necesarios para contar con repuesto y herramientas de forma rápida que permita reducir tiempos de paros.

La empresa tiene recursos escasos en personal capacitado para el mantenimiento, por lo cual gran parte del mantenimiento se realiza por externalización de las actividades. Es por lo que al plantear el modelo de gestión de mantenimiento se pretende evaluar el costo de esta tercerización, con el fin de compararlo con el costo de la capacitación del personal o la opción de la contratación de personal técnico capacitado, esto según las posibilidades financieras de la empresa y elegir la mejor opción que genere mejoras en la estructura del mantenimiento.

CAPÍTULO 4: Jerarquización de los equipos de acuerdo con su nivel de criticidad

Antes de analizar la criticidad de los equipos en Litografía Moravia S.A., se realiza primordialmente, la codificación de las diferentes máquinas para determinar la localización dentro de la empresa y registrar características importantes de cada uno de los equipos.

4.1 Codificación de los Activos

Es por esto, que se realiza la clasificación y codificación de las áreas de la empresa de la siguiente manera:

Tabla 9 Codificación de las Áreas

Área	Código
Pre Prensa	PP
Prensa	PR
Troquelado	TR
Pegado Cajas	PC
Acabado Final	AF
Descartonado	DC
Calidad	CA

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Luego se realizó el levantamiento de inventario de equipos para identificar el área en que se localiza dentro de la empresa, en la Tabla 10 se detallan los diferentes equipos de la empresa, la impresora GTO 52 se encuentra fuera de servicio y no se considera la reparación por ser muy antiguo y el costo que conlleva la reparación es muy alto, por lo cual se encuentra en la empresa y no se han decidido qué utilidad se realizará a la impresora.

Luego de identificar los equipos y la ubicación de estos en las diferentes áreas que se componen la empresa, se procede a realizar la codificación, la cual facilitará una herramienta que permita un control en la identificación de los equipos que se le realiza algún tipo de mantenimiento.

Tabla 10 Código de los Equipos

N°	ÁREA	EQUIPO	CÓDIGO
1	Troquelado	Troqueladora y Estampadora	MI
2		Troqueladora GT	GT
3		Troqueladora Cilíndrica Pequeña	CP
4		Troqueladora Cilíndrica Grande	CG
5		Sierra Eléctrica	SE
6	Pegado	Pegadora de cajas	PE
7	Prensa	Prensa Offset 5 Cuerpos	SM
8		Prensa Offset Barnizadora	SR
9		Prensa Offset 4 Cuerpos	GTO VP
10		Guillotina Corte Blanco	GC
11		Prensa Offset 1 Cuerpo	GTO 52
12		Compresor de Aire	CA
13	Acabado Final	Guillotina Fina	GF
14		Dobladora	DB
15	Pre Prensa	Impresora Digital	IE
16		Compresor	CM
17		Troqueladora Digital	DLD
18		Prensa Digital de Color	DCL
19		Impresora de Planchas	CTP1
20		Impresora de Planchas	CTP2

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Así de esta forma se puede dar un mejor seguimiento y control en base a las órdenes de trabajo y diferentes procesos de mantenimiento que se realicen.

La codificación busca una clasificación que permita dar una orden a los diferentes equipos y que identifique el activo de forma rápida y sencilla, por lo que la codificación se comprende de las siglas del área en que se encuentre el equipo y luego siglas de la máquina. Se define de esta forma porque la empresa cuenta con una planta pequeña y con pocos equipos que requieren una codificación para la elaboración del inventario y ejecutar un mantenimiento sistematizado el cual permita un control y simplicidad de la codificación.

Con base en lo anterior se establece el código que se utilizará dentro de la empresa.

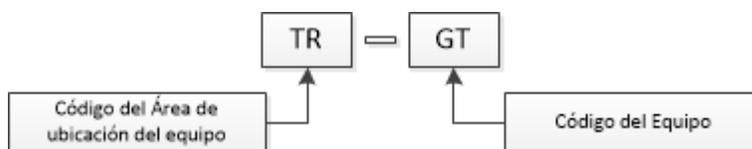


Figura 4.1 Codificación de Equipos

Fuente: Elaboración Propia (Visio 2010)

Con base en las tablas anteriores y la Figura 4.1 Codificación de Equipos, se procede a realizar la codificación final de cada activo de la empresa.

Tabla 11 Codificación de los Equipos de Litografía Moravia

ÁREA	EQUIPO	CÓDIGO
Troquelado	Troqueladora y Estampadora	TR-MI
	Troqueladora GT	TR-GT
	Troqueladora Cilíndrica Pequeña	TR-CP
	Troqueladora Cilíndrica Grande	TR-CG
	Sierra Eléctrica	TR-SE
Pegado	Pegadora de cajas	PC-PE
Prensa	Prensa Offset 5 Cuerpos	PR-SM
	Prensa Offset Barnizadora	PR-SR
	Prensa Offset 4 Cuerpos	PR-GTO VP
	Guillotina Corte Blanco	PR-GC
	Prensa Offset 1 Cuerpo	PR-GTO 52
	Compresor de Aire	PR-CA
Acabado Final	Guillotina Fina	AC-GF
	Dobladora	AC-DB
Pre Prensa	Impresora Digital	PP-IE
	Compresor	PP-CM
	Troqueladora Digital	PP-DLD
	Prensa Digital de Color	PP-DCL
	Impresora de Planchas	PP-CTP1
	Impresora de Planchas	PP-CTP2

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Al tener la codificación se realiza la rotulación de los equipos como se muestra en el Anexo 1: Rótulo de Codificación.

4.2 Análisis de Criticidad

Este análisis de criticidad permitirá determinar la jerarquización de los equipos en la empresa en función del estado actual de la organización y de los activos, esto con el fin de facilitar las decisiones futuras para el diseño de los sistemas de mantenimiento y definir los recursos de la empresa según la importancia o criticidad de los equipos en el proceso.

Para realizar el análisis de criticidad se utiliza la siguiente metodología según la Figura 4.2 que indica los pasos que se utilizaron para la elaboración de la jerarquización de los equipos.



Figura 4.2 Metodología para realizar el Análisis de Criticidad

Fuente: (Parra Marquez & Crespo Marquez , 2015)

Esta metodología fue analizada por el Jefe de Producción que facilitó la información que fuera requerida durante el análisis y permitió la mejor elección de criterio y método de análisis que forjara la correcta jerarquización de los equipos según las necesidades de la empresa.

4.3 Establecimiento de Criterios

La definición de los criterios a evaluar en el análisis de criticidad se realizó de acuerdo con las políticas generales de la empresa y conocimiento del Jefe de Producción en los cuales se involucraron diferentes categorías de consecuencias que inciden en la empresa.

Esto para permitir analizar el impacto del equipo en diferentes áreas que se consideran importantes para la empresa y que el paro o fallo del equipo incide en la afectación de la producción o contabilidad de la organización.

Además, un punto importante a considerar durante la decisión de los criterios fue el registro histórico que la empresa posea de los equipos, por lo cual se consultó al Jefe de Producción para obtener la información necesaria.

De esta forma es que se obtiene el registro de control de mano de obra de la empresa, que permite establecer la cantidad de paros por mantenimiento de varios equipos significativos en la empresa, las horas laboradas por mantenimientos y de igual forma se especifica el costo por mano de obra que comprende el mantenimiento. También se debe aclarar que este registro no especifica tipo falla en los equipos, elementos que fallaron durante el proceso, repuestos utilizados y costos externos asociados. Por lo se utilizó solamente como registro de frecuencia de mantenimiento y para el cálculo de horas y costos de mano de obra.

Al tener en cuenta las consideraciones anteriores se estableció los siguientes criterios para la selección del método de jerarquización de criticidad de los equipos de Litografía Moravia S.A.

Tabla 12 Criterios a Evaluar en Litografía Moravia S.A.

Criterio	Descripción
Frecuencia de Fallas	Número de veces que se repite un evento o falla en un determinado periodo de tiempo.
Impacto Operacional	Efecto en producción cuando una falla ocurre.
Flexibilidad Operacional	Posibilidad de ejecutar algún cambio rápido para proseguir con la producción sin incidir en pérdidas considerables.
Costo de Mantenimiento	En este caso se considera el costo de mano de obra en la reparación de una falla.
Impacto de Seguridad y en el Medio Ambiente	Evaluar las consecuencias que un equipo puede causar en personal o el medio ambiente.

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Al tener los criterios se procede a la selección de algún método de análisis de criticidad que permita evaluar los criterios establecidos en conjunto con la empresa.

4.4 Selección de Método de análisis de criticidad

La selección de método se inicia investigando los diferentes métodos que permitan la evaluación de los criterios establecidos anteriormente, es por eso que se considera los siguientes métodos:

1. Método del flujo-grama de análisis de criticidad (cualitativo).
2. Modelo de criticidad semi-cuantitativo “CTR” (Criticidad Total por Riesgo).
3. Modelo de criticidad semi-cuantitativo “MCR” (Matriz de Criticidad por Riesgo).
4. Método cualitativo según Análisis Cualitativo (Garrido, 2003).

Al analizar los métodos anteriores con respecto a los criterios establecidos para la empresa y con la reducida información histórica del mantenimiento realizado a los equipos, se decide por utilizar el Modelo de Criticidad Semi-cuantitativo del Riesgo, permitiendo este obtener un claro análisis de criticidad de los equipos de la empresa. Esta selección se realizó basada en los siguientes factores:

- La disposición de los equipos adecuados al tiempo y al estado actual según criterios de desgaste, fallas y mantenimiento.
- La integridad de los datos e información disponibles sobre los criterios a evaluar, se tiene registros de mantenimiento que se establecen la duración, mano de obra laborada.
- La complejidad de los riesgos, los cuales se consideraron en el apartado anterior.
- La experiencia de los operarios y Jefe de Producción que aportaron conocimiento sobre los equipos y mantenimiento realizado.

4.4.1 Modelo Semi-cuantitativo del Riesgo (CTR)

Este modelo seleccionado permite la jerarquización por la importancia de los equipos en la empresa sobre los cuales se va dirigir las estrategias de mantenimiento, recursos y presupuesto. Este modelo se asigna un valor de riesgo según la siguiente ecuación:

$$\text{Riesgo} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Frecuencia} = \# \text{ de Fallos en un tiempo determinado}$$

$$\text{Consecuencia} = ((\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costos Mto} + \text{Impacto SHA})$$

Estos valores son asignados según la Figura 4.3 en la que se establece los factores ponderados de los diferentes criterios a ser evaluados por la ecuación del riesgo. Los factores y valores de escala son adaptables según a las características de la empresa y equipos a los que se desean analizar la criticidad. Lo que permite un modelo sencillo y práctico de implementar para la jerarquización de los activos.

Riesgo: FF x ((IO x FO) + CM + SHA)

Frecuencia de Fallos (FF):		Coste de Mrtto. (CM):	
Pobre mayor a 4 fallos/año	4	Mayor o igual a 2000 \$	2
Promedio 2 - 4 fallos/año	3	Inferior a 2000 \$	1
Buena 1 - 2 fallos/año	2		
Excelente menos de 1 fallo/año	1		
Impacto Operacional (IO):		Impacto en SHA (SHA):	
Parada inmediata del servicio	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Parada de la unidad asistencial	0	Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Impacta en niveles de producción o calidad	4	Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Repercute en costes operacionales asociados a la indisponibilidad	2	Provoca daños menores (accidentes e incidentes) personal propio	2
No genera ningún efecto significativo sobre la actividad asistencial	1	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
Flexibilidad Operacional (FO):		No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	
No existe opción de servicio y no hay función de repuesto.	4		0
Hay opción de repuesto compartido	2		
Función de repuesto disponible	1		

Figura 4.3 Criterios y Pesos de Evaluación

Luego de evaluados los factores de los diferentes criterios se procede a obtener el nivel de criticidad de los equipos, se determinan los valores totales de forma individual de frecuencia y consecuencia, para ubicarlos en la matriz de criticidad y permitir de la jerarquización de los elementos de la siguiente forma:

- Área de Críticos (C)
- Área de Semi Críticos (SC)
- Área de No Críticos (NC)

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Figura 4.4 Matriz de Criticidad

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

4.5 Aplicación de Análisis de Criticidad según el Método de Semi-cuantitativo del Riesgo (CTR)

Actualmente la empresa cuenta con veinte equipos de los cuales varios son equipos poco significativos en el proceso y que se utilizan aleatoriamente, además no se cuenta con información o registros de mantenimiento de estos, por lo que se considera realizar el análisis de criticidad a los siguientes activos de la Tabla 13, tomando en cuenta que son los equipos principales para realizar el proceso de artes gráficas en la empresa y los que se obtienen información para realizar el análisis.

Tabla 13 Equipos a emplear para el análisis de criticidad

Equipo	Código
Troqueladora y Estampadora	TR-MI
Troqueladora	TR-GT
Troqueladora Cilíndrica Pequeña	TR-CP
Troqueladora Cilíndrica Grande	TR-CG
Pegadora de cajas	PC-PE
Prensa Offset 5 Cuerpos	PR-SM
Prensa Offset Barnizadora	PR-SR
Prensa Offset 4 Cuerpos	PR-GTO VP
Guillotina Fina	AC-GF
Dobladora	AC-DB

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Luego de verificar los equipos que se introducirán en el análisis de criticidad se procede a determinar los criterios y pesos de evaluación, la cual se utiliza la tabla de evaluación del método CTR, con adaptaciones para cubrir las políticas y criterios de Litografía Moravia S.A.

Tabla 14 Criterios para el Análisis de Criticidad adaptada a la empresa

Factores que evaluar en el análisis de criticidad						
Frecuencia de Fallas			Costo de Mantenimiento			
Muy Pobre	30 fallas/año	5	Superior a	€2 000 000	-	4
Pobre mayor a	15 - 30 Fallas / Año	4	Entre	€2 000 000	€1 500 000	3
Promedio	7- 15 Fallas / Año	3	Entre	€1 500 000	€1 000 000	2
Buena	3 - 7 Fallas / Año	2	Inferior a	€1 000 000		1
Excelente	Menos de 3	1				
Impacto Operacional			Impacto en Seguridad, Ambiente e Higiene (SAH)			
Perdida de todo el despacho		10	Evento Catastrófico	Muerto y/o Alto impacto ambiental		4
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas		7	Evento que Genera	Lesión incapacitante / afectación sensible al ambiente		3
Impacta en niveles de inventario o calidad		4	Evento que Genera	Daños a la integridad física de los activos y/o afectación moderada al ambiente		2
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones		1	No Genera	Ningún impacto ambiental y/o de seguridad		1
Flexibilidad Operacional						
No existe opción de producción y no hay función de repuestos						4
Hay opción de repuestos						2
Función de repuestos disponibles						1

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Al tener la puntuación que tiene cada criterio se realiza el análisis por equipo obteniendo en la

Tabla 15 el riesgo total por equipos, el valor de consecuencias evaluadas y la frecuencia de fallas que se utilizarán posteriormente para realizar la jerarquización de los activos.

Tabla 15 Análisis de Criticidad de los Equipos

Análisis de Criticidad basado en la Teoría del Riesgo para los Equipos de Litografía Moravia								
Criterios evaluados Riesgo: FF x ((IOxFO) + CM + SHA)								
N°	Equipo	Frecuencia	Impac. Op.	Flexibilidad	Costos Mto	Impacto SHA	Consecuencia	Total
1	PR-SM	5	10	4	4	2	46	230
2	PC-PE	4	4	2	3	1	12	48
3	TR-CG	1	7	2	1	2	17	17
4	PR-SR	4	7	4	1	2	31	124
5	PR-GTO VP	5	7	4	3	2	33	165
6	TR-CP	1	7	2	1	2	17	17
7	AC-GF	1	7	2	1	3	18	18
8	AC-DB	2	7	2	1	2	17	34
9	TR-MI	1	1	2	1	1	4	4
10	TR-GT	1	1	2	1	1	4	4

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Al obtener los valores de criterios a evaluar, se calcula el valor de riesgo que tiene cada equipo en la empresa, en este caso se observa un valor de 230 es el PR-SM, el cual indica que este equipo es de alto riesgo para la organización y lo cual permite identificar que un paro de este equipo provocaría altos impactos en diferentes áreas como producción, costo, personal y recursos.

Tabla 16 Resultados de la Matriz de Criticidad

Frecuencia	5			5		1
	4	2		4		
	3					
	2		8			
	1	9,1	3,6,7			
	10	20	30	40	50	
	Consecuencias					

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Con los equipos evaluados se puede realizar la jerarquización de los equipos con la matriz de riesgos del método utilizado, en la cual se utiliza la frecuencia de fallas según la evaluación de los equipos y consecuencias obtenidas, la cual se refiere al valor obtenido por la siguiente fórmula $((IO \times FO) + CM + SHA)$ donde estos valores son los puntajes de los criterios previamente establecidos.

Este indica en los cuadros de color rojo los equipos críticos, los cuadros amarillos son los activos semi-críticos y por último los cuadros azules hacen referencia a los equipos no críticos de la empresa.

Así que con el valor de frecuencia y el de consecuencia se coloca el número de equipo en la matriz para distinguir la criticidad de los equipos, como se observa en la Tabla 16, conforme el valor de frecuencia y consecuencias aumenten, el equipo es más crítico. De esta forma se logra jerarquizar los equipos de Litografía Moravia de la siguiente manera:

Tabla 17 Jerarquización de los equipos de la empresa.

Análisis de Criticidad basado en la Teoría del Riesgo para los Equipos de Litografía Moravia									
Criterios evaluados Riesgo: $FF \times ((IO \times FO) + CM + SHA)$									
N°	Equipo	Frecuencia	Impac. Op.	Flexibilidad	Costos Mto	Impacto SHA	Consecuencia	Total	Jerarquización
1	PR-SM	5	10	4	4	2	46	230	Crítico
2	PC-PE	4	4	2	3	1	12	48	Semi crítico
3	TR-CG	1	7	2	1	2	17	17	No crítico
4	PR-SR	4	7	4	1	2	31	124	Crítico
5	PR-GTO VP	5	7	4	3	2	33	165	Crítico
6	TR-CP	1	7	2	1	2	17	17	No crítico
7	AC-GF	1	7	2	1	3	18	18	No crítico
8	AC-DB	2	7	2	1	2	17	34	No crítico
9	TR-MI	1	1	2	1	1	4	4	No crítico
10	TR-GT	1	1	2	1	1	4	4	No crítico

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

En la Tabla 17 se obtienen la jerarquización de los equipos la cual permite identificar la criticidad de los siguientes equipos en la empresa.

Tabla 18 Equipos Críticos en la Empresa

Código	Equipo	Frecuencia	Riesgo	Jerarquización
PR-SM	Prensa Offset 5 Cuerpos	5	230	Crítico
PR-GTO VP	Prensa Offset 4 Cuerpos	5	165	Crítico
PR-SR	Prensa Barnizadora	4	124	Crítico
PC-PE	Pegadora de Cajas	4	48	Semi crítico

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Esta jerarquización permitirá determinar las prioridades y objetivos del modelo de gestión de mantenimiento, asimismo enfocar más recursos y sistemas de mantenimiento a los equipos más críticos de la empresa, pero de igual forma se planteará planes de mantenimiento a los equipos menos críticos.

Pero, como se observa en el análisis de criticidad la Prensa Offset 5 Cuerpos es el equipo con mayor criticidad y alto riesgo dentro la organización, por lo que el modelo de gestión de mantenimiento a diseñar se dirige particularmente a este activo, que ha formado la mayor cantidad de paros y costos en la empresa.

4.6 Análisis de Criticidad Equipos Secundarios

Este primer análisis se realizó a los equipos que tenían la información necesaria para utilizar el Método de Criticidad Total de Riesgos y que según criterio de la empresa son los más importantes para la empresa y que un paro de estos provocaría costos elevados. Pero también se elaboró un análisis de criticidad para evaluar los equipos que la empresa no considero importantes, para este se utilizara un método cualitativo ya que no se tiene registros de frecuencias, ni paros o costos de mantenimiento. Por lo tanto, para la evaluación de criticidad se cuenta con la experiencia de los operarios que realizan el mantenimiento y el encargado del mantenimiento para la evaluación de los equipos según la criticidad dentro de la empresa.

Conforme lo anteriormente mencionado, se utiliza el siguiente método establecido por García (2003), que permite una evaluación de equipos según el impacto en la Seguridad, Producción, Calidad y el Costo de Mantenimiento.

Tabla 19 Tabla de Criticidad por García

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consume una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

Fuente: García (2003)

Al utilizar la tabla de criticidad establecida por García (2003) permite identificar a la empresa la criticidad de los equipos que no fueron considerados en el método anterior y de esta forma se permite detallar de forma conveniente si los equipos son críticos o no durante el proceso.

En la siguiente tabla se expresan los resultados obtenidos para los equipos no analizados en el primer método.

Tabla 20 Jerarquización de los equipos

Equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento	Jerarquización
Sierra Eléctrica	B	C	C	C	No Crítico
Guillotina Corte Blanco	B	C	C	C	No Crítico
Impresora Digital	C	B	C	C	No Crítico
Compresor	C	C	C	C	No Crítico
Troqueladora Digital	C	C	C	C	No Crítico
Prensa Digital de Color	C	B	C	C	No Crítico
Impresora de Planchas	C	B	C	B	No Crítico
Impresora de Planchas	C	B	C	B	No Crítico

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Al analizar los equipos se concluye que los equipos analizados por el método de García (2003), no producen impactos importantes en la empresa y que la primera consideración de la empresa es acertada, por lo que los equipos evaluados en la

Tabla 20 no son críticos según el método cualitativo y el criterio de la empresa según las consideraciones utilizadas.

CAPÍTULO 5: Estructura del Modelo de Gestión de Mantenimiento

En el presente capítulo se realizará el desarrollo del modelo de gestión de mantenimiento para la empresa Litografía Moravia S.A., el cual estará integrado por las fases establecidas por (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2015), el cual se compone de ocho fases, las cuales se van desarrollando gradualmente según el estado actual de la empresa, creando énfasis en la gestión y optimización en el tiempo para mejora continua de la propuesta a desarrollar.

Según (Viveros & Crespo, 2013) como Litografía Moravia S.A., cuenta con un proceso de gestión de mantenimiento el cual se evaluó al realizar la auditoría de COVENIN, el análisis del modelo de gestión comienza en la Fase 2: Jerarquización de Equipos Críticos, requiriendo esta una evaluación previa del departamento para la respectiva optimización de la gestión de mantenimiento.

Por lo cual se procederá a establecer el modelo de gestión de mantenimiento, elaborando la estructura mediante el análisis del estado actual de la empresa y el análisis de criticidad por el método semi-cuantitativo del riesgo, así de esta forma proponer un modelo que permita establecer un marco de referencia para las diferentes actividades determinando sus elementos y relación con las áreas de la organización.

Antes de realizar las fases del modelo se elabora una reestructuración de la organización de mantenimiento de la empresa ya que actualmente se encuentra en estado de inconciencia según la auditoría ejecutada y para establecer las bases del modelo de gestión se requiere una mejora en dicha organización.

5.1 Reestructuración de la organización de mantenimiento

Se procede a realizar la optimización del departamento de mantenimiento de la empresa, mediante diferentes mejoras en el departamento, empezando por actualizar el organigrama de la empresa e integrando el departamento de mantenimiento el cual permita establecer una jerarquización correcta de los diferentes departamentos.

Luego se procederá a determinar los objetivos, misión y visión del departamento para establecer las metas que se pretenden obtener. Además, se establecerán las funciones de los integrantes del mantenimiento de la empresa, permitiendo de esta forma tener claro las responsabilidades de cada colaborador.

5.1.1 Estructuración del organigrama de la empresa

Como en toda empresa la estructura organizacional es de suma importancia, ya que define las características de la organización y la formación de los puestos, orientando así las actividades para lograr los objetivos planificados. En Litografía Moravia S.A., no cuentan con el departamento de mantenimiento, por lo que se reestructura el organigrama con el fin de mejorar la coordinación de las diferentes actividades de mantenimiento dentro de la empresa.

La importancia de esta reestructuración es considerar un trabajo organizado de acuerdo con el esquema planteado, que genere orden y mejore la efectividad y eficiencia dentro de la empresa.

Se diseña una reestructuración organizacional para la empresa ya que esta no contaba con una correcta organización de los diferentes departamentos y no incluía diferentes departamentos que permitan identificar el correcto orden jerárquico de la organización. Se pretende establecer una organización más formal que permita disminuir la confusión en las actividades que labora cada uno de los colaboradores de Litografía Moravia S.A., así de esta forma permita reforzar y desarrollar aspectos de importancia con el crecimiento de la empresa.

Por el tipo de empresa y su tamaño medio, se diseña una estructura organizacional centralizada con respecto al departamento de mantenimiento, ya que este tipo de estructura se adapta a las necesidades y las cargas de trabajo que se presenta en la empresa, así como la adecuada distribución de tiempos y espacios de trabajo. Además, considerar que el departamento de mantenimiento requiere tener la misma autonomía de los departamentos con el mismo nivel jerárquico y así generar un mejor entendimiento entre los departamentos para coordinar adecuadamente las labores. De esta forma se evita que el Coordinador de Producción conceda una mayor importancia a su autoridad, relegando a un segundo plano las actividades de mantenimiento.

Con esta mejora se obtiene un flujo continuo de mantenimiento y con el paso del tiempo se contará con personal altamente capacitado en los equipos de la empresa, permitiendo así que se genere una doble inspección y comprobación de las actividades que ejercen los departamentos de producción y mantenimiento.

Por lo tanto, se identifica las principales direcciones que tiene la empresa y las que requiere para permitir el funcionamiento óptimo de los equipos y con base en ello se realiza la siguiente reestructuración del organigrama:

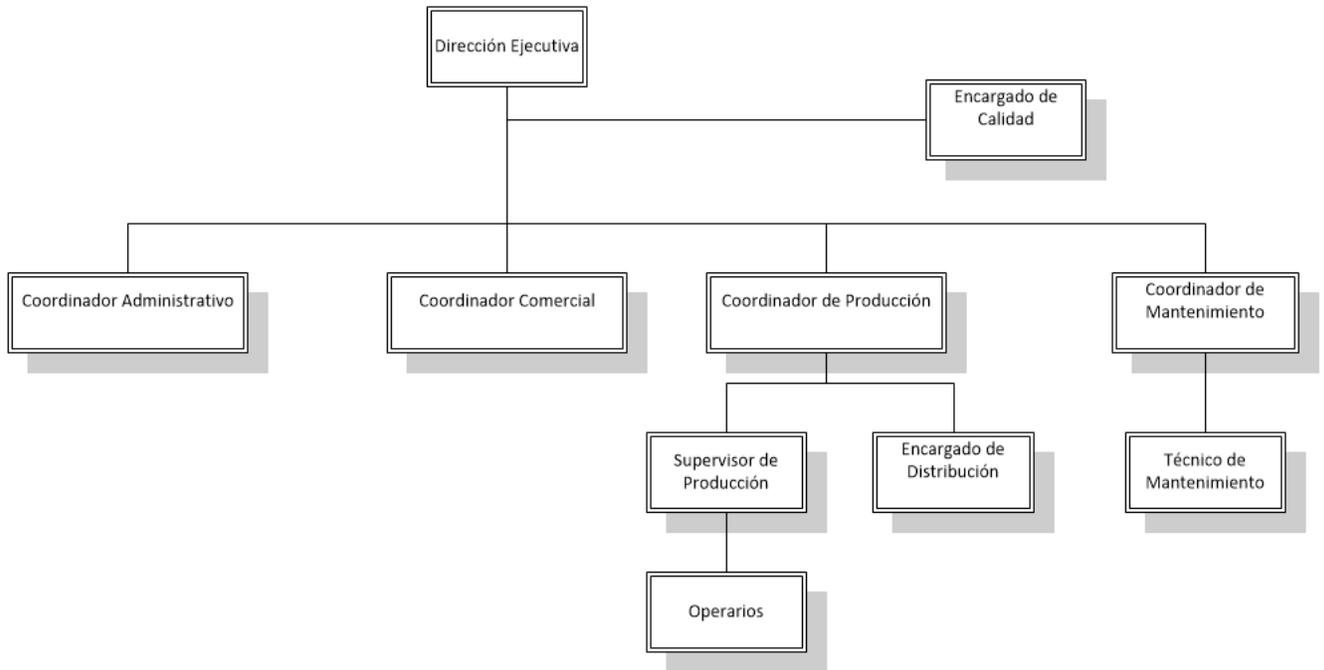


Figura 5.1 Propuesta de reestructuración del Organigrama

Fuente: Elaboración Propia (Visio 2016).

Como se observa en la Figura 5.1 se actualizó el organigrama agregando los departamentos faltantes, incluyendo en este el Coordinador de Mantenimiento y un Técnico especializado en los equipos de la empresa, de esta forma se separan las funciones del departamento de producción de las del departamento de mantenimiento para facilitar la normalización y estandarización de las actividades de mantenimiento.

Como el departamento de mantenimiento está separado del departamento de producción y la empresa Litografía Moravia S.A., tiene un tamaño mediano se permite una comunicación de manera fluida entre los departamentos y siempre se conservará la concordancia entre los requerimientos de producción y la planificación de las actividades de mantenimiento.

Al introducir un Técnico de Mantenimiento se reduce la dependencia que tiene la empresa hacia el fabricante de los equipos y la subcontratación de terceros para realizar tareas de mantenimiento, de igual forma se reduce los paros tan extensos por la espera del contratista y este realice las labores pertinentes al fallo ocurrido.

5.1.2 Departamento de Mantenimiento

Como la empresa no cuenta con este departamento, las actividades de mantenimiento no se realizan conforme los equipos lo requieren y sólo se realiza mantenimiento correctivo a fallas repentinas que producen paros excesivos, por lo que tienen graves problemas de organización y planificación, es por esta razón que el departamento se incorpora a la estructura organizacional con el fin de mejorar esta situación dentro de la empresa.

El departamento de mantenimiento realizará actividades planificadas y organizadas que permitan mantener la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, conforme a la empresa, creando una gestión activa, eficiente y con una creciente mejora de los activos y personal del departamento, de esta forma garantizar un servicio adecuado y con calidad a los clientes.

Este departamento busca ser modelo de mejora para los departamentos que se encuentran en condiciones similares, es por lo cual que se creó una misión, visión, objetivos y responsabilidades acordes a la empresa.

5.1.2.1 Misión

Garantizar que las instalaciones y equipos de la empresa reciban el correcto mantenimiento con el apoyo de recurso humano altamente calificado, técnicas analíticas y logística necesaria para validar el adecuado funcionamiento de los equipos, procurando alcanzar altos niveles de disponibilidad y confiabilidad.

5.1.2.2 Visión

Ser el departamento encargado de proporcionar servicios de mantenimiento con el personal capacitado basado en filosofías de innovación y mejora continua que permitan la planificación, coordinación, ejecución, control y supervisión de las actividades del proceso de mantenimiento de los equipos e instalaciones de la empresa.

5.1.2.3 Objetivos del Departamento de Mantenimiento

1. Diseñar y dar seguimiento a los programas de mantenimiento de los equipos mecánicos, eléctricos, electrónicos y neumáticos de la empresa.
2. Realizar de manera eficiente las actividades de mantenimiento, enfocándose en los programas y planes de mantenimiento.
3. Supervisar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.
4. Mantener una mejora continua del modelo de gestión de mantenimiento de la empresa.
5. Optimizar el costo de mantenimiento aprovechando eficientemente los recursos materiales como humanos.
6. Asegurar la disponibilidad de la empresa para reducir la cantidad de horas en paro por mantenimiento correctivo.
7. Asegura la vida útil de las instalaciones como de los equipos utilizados durante el proceso de producción.
8. Alcanzar una operación continua con cero averías y cero pérdidas de producción causado por el mantenimiento.
9. Comunicar al personal a cargo la información, metas y resultados alcanzados en las actividades de mantenimiento

5.1.2.4 Funciones del Departamento

Como todo departamento, el área de mantenimiento debe conservar un perfil dentro de la organización, por lo que posee diferentes funciones, las cuales se establecieron según necesidades de la empresa y experiencia de los Operarios y Jefe de Producción. Estas funciones se presentan a continuación:

- Cumplimiento de las metas y objetivos fijados previamente con la Dirección Ejecutiva de la empresa.
- Ejecutar las tareas de mantenimiento asignadas, según las necesidades de los equipos e instalaciones.
- Crear procedimientos de ejecución de mantenimiento y su correspondiente recopilación, proceso y generación de informes.

- Evaluar la eficiencia del plan de mantenimiento por medio de los diferentes procedimientos.
- Definir anualmente el presupuesto necesario para el costo del mantenimiento.
- Diseñar y efectuar la implementación del registro de fallas de los equipos, con el fin de realizar un análisis de las fallas y desarrollar un plan de control y eliminación de las fallas.
- Consultar nuevas tecnologías que permitan al departamento y la empresa una mejora continua.
- Actualizar y mantener una mejora continua del modelo de gestión de mantenimiento.
- Administrar y planificar los recursos humanos, materiales y herramientas disponibles, para cumplir los objetivos establecidos.
- Incorporar el modelo de gestión de mantenimiento de forma adecuada y realizar el debido seguimiento del modelo.
- Desarrollar mejoras con proyectos que permiten un crecimiento de la empresa.
- Ser ejemplo ante los demás departamentos, permitiendo generar mejoras en las demás áreas.
- Planificar todas las actividades relacionadas con el mantenimiento de la empresa, coordinando, asignando y supervisando dichas actividades.
- Diseñar y dar seguimiento a los indicadores de mantenimiento permitiendo un análisis de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

5.1.2.5 Perfiles del Departamento

Al integrar el departamento de mantenimiento a la estructura de la empresa es necesario completar los perfiles de los puestos para que los colaboradores identifiquen las funciones que tienen dentro la empresa y dependencia jerárquica del puesto. Por lo anterior se diseñan los siguientes perfiles:

Tabla 21 Perfil del Coordinador de Mantenimiento

PUESTO	Coordinador de Mantenimiento
Área Funcional o Departamento	Mantenimiento
Ubicación	Planta
Dependencia Jerárquica	Dirección Ejecutiva
OBJETIVO Y ALCANCE (Misión del Puesto)	
Dirigir el funcionamiento, programación, asignación y reparación de los equipos e instalaciones, para conseguir mejorar en la disponibilidad, confiabilidad de los activos y además mejorar la calidad de la producción.	
Funciones del Puesto, Descripción General	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Gestionar las labores de mantenimiento preventivo y correctivo planificando, coordinando y ejecutando de la mejor forma para reducir tiempos y costos de paros. 2. Elaborar y optimizar el presupuesto y el plan de mantenimiento de la empresa. 3. Coordinar y planificar la correcta ejecución de mantenimiento al surgir alguna falla inesperada en algunos de los equipos. 4. Evaluar los proveedores para garantizar repuestos o servicios con la calidad determinada por la empresa. 5. Tramitar toda la documentación con respecto al departamento de mantenimiento y archivar de forma adecuada que permita la búsqueda de forma rápida y eficiente. 6. Gestionar el stock de repuestos como también la renovación de los activos, permitiendo tener los repuestos necesarios en el momento que se requieran. 7. Coordinar y supervisar la instalación de equipos nuevos y modificación de equipos en el proceso de la empresa. 8. Establecer las normas de seguridad que el departamento de mantenimiento de cumplir durante sus labores. 9. Establecer y coordinar los indicadores establecidos en el Balance ScoreCard evaluando y analizando los indicadores con respecto las metas establecidas por cada período. 	

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016).

Tabla 22 Perfil del Técnico de Mantenimiento

PUESTO	Técnico de Mantenimiento
Área Funcional o Departamento	Mantenimiento
Ubicación	Planta
Dependencia Jerárquica	Coordinador de Mantenimiento
OBJETIVO Y ALCANCE (Misión del Puesto)	
Asegurar que los activos de la empresa funcionen correctamente y de manera eficiente, logrando la adecuada ejecución de las reparaciones de las averías y de igual forma realizando las inspecciones previas del plan de mantenimiento	
Funciones del Puesto, Descripción General	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Reparar los equipos de la empresa cuando estos presente algún mal funcionamiento siguiendo las instrucciones del Coordinador de Mantenimiento. 2. Detectar errores en la instalación de los equipos. 3. Realizar inspecciones de mantenimiento según la planificación establecida por el Coordinador de Mantenimiento. 4. Velar por que los equipos e instalaciones se encuentren en un adecuado orden y limpieza. 5. Asegurar la ejecución de los diferentes procesos de mantenimiento, de acuerdo con el Modelo de Gestión de Mantenimiento. 6. Realizar el mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos de la empresa mediante la ejecución de las órdenes de trabajo respectivas. 	

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

5.1.2.6 Documentación de Mantenimiento

Al igual que en los demás departamentos, el área de mantenimiento genera una gran cantidad de datos, esta información representa un insumo de alta importancia para la planificación y gestión del mantenimiento. Es por lo que se desarrolla toda la documentación necesaria para realizar, archivar, evaluar todo lo referente con el mantenimiento, entre los cuales se encuentran

Tabla 23 Documentos elaborados para el Departamento de Mantenimiento

Documento	Ubicación
Orden de Trabajo	Anexo 2
Solicitud de Mantenimiento	Anexo 4
Solicitud de Repuesto	Anexo 3
Registro de Mantenimiento	Anexo 5
Diagrama de Flujo Preventivo	Página 68
Diagrama de Flujo Correctivo	Página 70
Fichas Técnicas de los Equipos	Anexo 16

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

La empresa cuenta parcialmente con la documentación de mantenimiento, pero esta no se emplea durante las actividades del departamento, por lo que se modifican para realizar la correcta introducción al uso de los documentos.

5.1.2.7 Orden de Trabajo

Uno de los documentos modificados es las órdenes de trabajo, las cuales se realizan mejoras con la finalidad que integre toda la información para realizar análisis posteriormente y contenga los datos necesarios para obtener un historial completo. Dichas modificaciones se realizan de acuerdo con (Duffuaa, 2007) y se establece la información necesaria que requiere las órdenes de trabajo en la siguiente tabla:

Tabla 24 Información para OT

Programación y Planeación	Control
Código de inventario, Descripción del equipo y ubicación	Tiempo real utilizado
Nombre de Solicitante	Hora de inicio y finalización
Descripción del trabajo	Fecha de inicio y finalización
Prioridad de Trabajo y fecha de cumplimiento	Tiempo muerto
Materiales, herramientas, repuestos y otros requeridos	Causa de fallas
Instrucciones y equipos de seguridad	Conocimientos necesarios

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Por lo anteriormente mencionado, se realiza las modificaciones de la orden de trabajo para mantenimiento, estas se pueden observar en el Anexo 2: Orden de trabajo de mantenimiento Como las OT son fundamentales para el mantenimiento se elabora procedimientos para la correcta ejecución. Para explicar el proceso se utilizan diagramas de flujo que permiten contar con un apoyo visual y fácil entendimiento.

Para el desarrollo de los flujos-gramas se emplea como base la simbología ANSI de donde se obtiene la descripción de los símbolos a utilizar, estos se muestran en la siguiente tabla

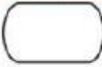
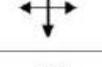
Símbolo	Significado
	Inicio y fin: indica el inicio y final del diagrama de flujo
	Operación: Representa la realización de una actividad relativa a un procedimiento
	Documento: representa la creación, entrada o utilización de documento en un procedimiento
	Datos: indica la salida y entrada de datos
	Archivo: Deposito permanente de un documento o información
	Decisión: Indica varios caminos dentro del diagrama de flujo
	Líneas de flujo: conectan en orden los distintos símbolos
	Conector: Continuidad del diagrama dentro de la misma pagina, enlazando dos pasos no consecutivos
	Conector de pagina: Continuidad del diagrama dentro de otra pagina, enlazando dos paginas diferentes

Figura 5.2 Simbología para el desarrollo de los Flujos-gramas

Fuente: (Mideplan, 2009)

Conforme a la simbología anterior se diseñan se diseña el sistema de control y ejecución de las ordenes de trabajo permitiendo el correcto flujo de trabajo dentro la empresa. El siguiente diagrama ilustra el modo de realización de las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo.

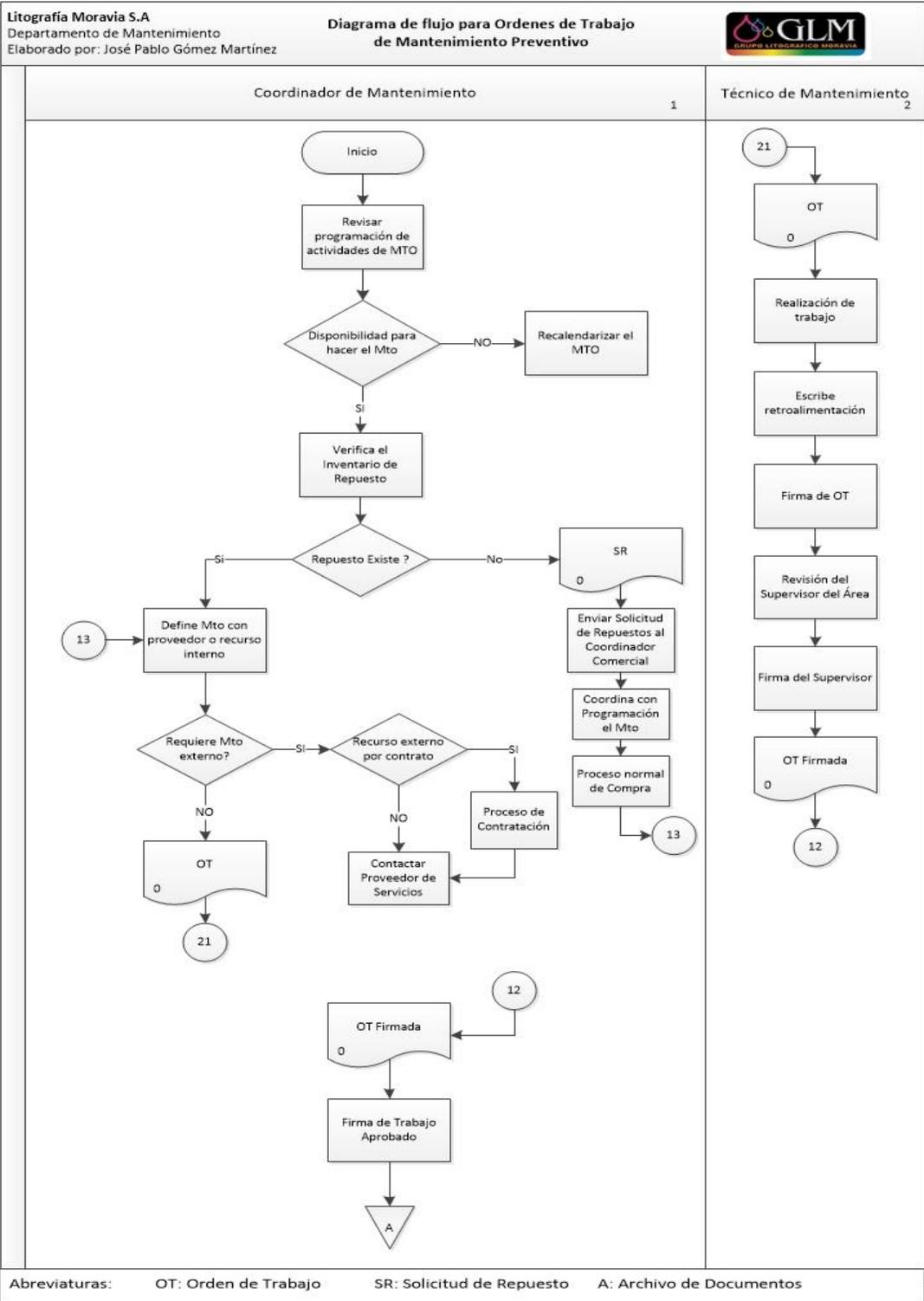


Figura 5.3 Diagrama de Flujo de OT Preventivo

Fuente: Elaboración Propia (Visio 2010)

El diagrama de flujo anterior se describe de la siguiente manera:

- El Coordinador de Mantenimiento revisa la programación de las actividades y también verifica si en ese instante se cuenta con los recursos necesarios para realizar el mantenimiento preventivo. De no ser así, procede a tomar decisiones sobre contratar algún tercero, compra de los recursos o recalendarizar las actividades.
- Luego de verificar si se cuenta con lo necesario para el trabajo, se asigna al Técnico de Mantenimiento para realizar las actividades determinadas en la orden de trabajo, se verifica el trabajo realizado por parte del Supervisor del área y se firma la OT por el personal involucrado.
- Esta es devuelta al Coordinador de Mantenimiento para analizar y registrar los datos en el histórico de mantenimiento, al terminar se archiva el documento por si se requiere consultar la orden de trabajo posteriormente.

De igual forma se elabora el diagrama de flujo de mantenimiento correctivo, para que permita un control sobre la ejecución de las reparaciones y disminución de tiempos en la toma de decisiones sobre cualquier falla.

Esta información permite rescatar los materiales a utilizar, las cantidades necesarias con el fin de estimar el dinero necesario en las rutinas de mantenimiento.

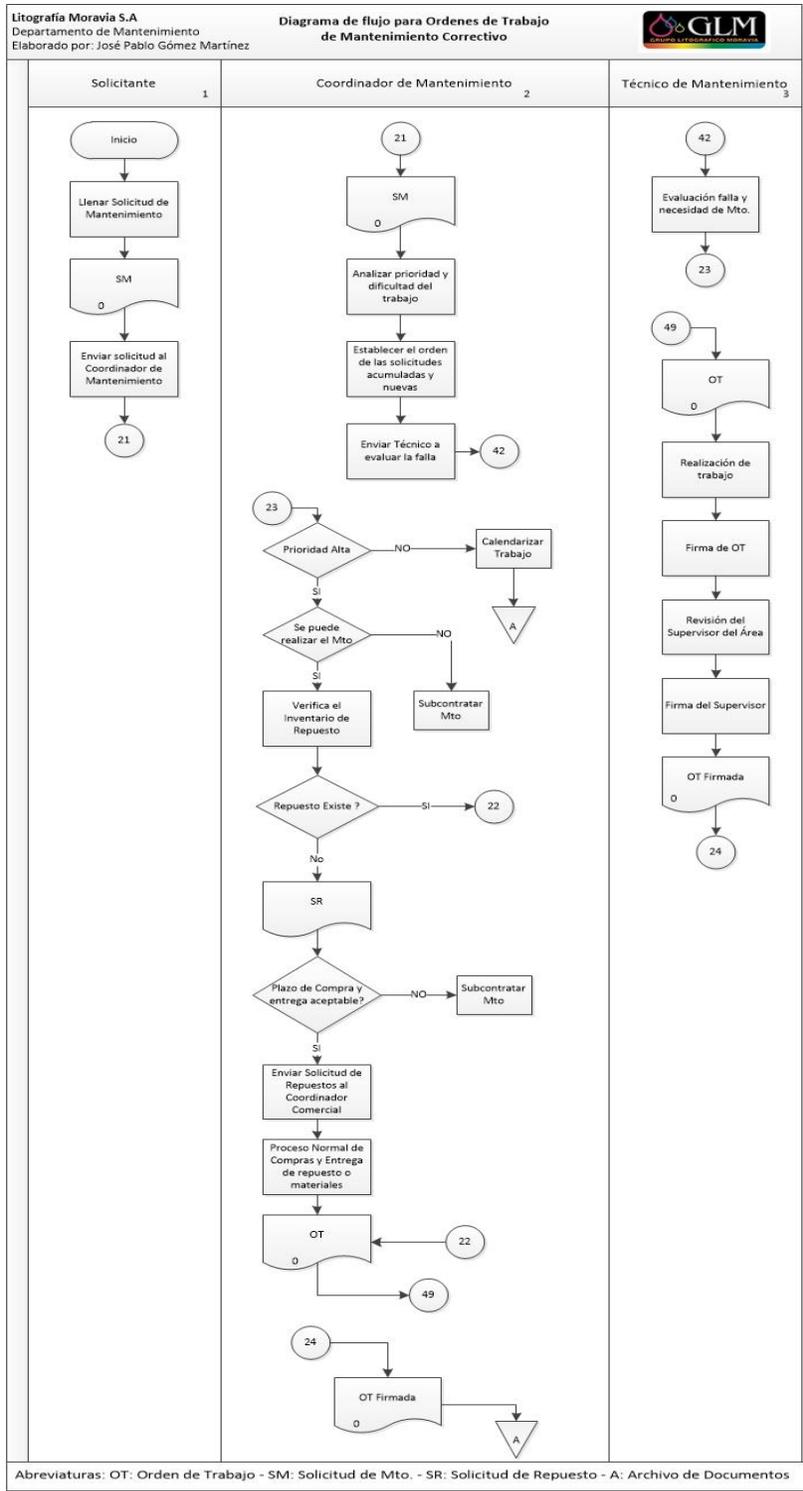


Figura 5.4 Diagrama de Flujo de OT de Mantenimiento Correctivo

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

El diagrama de flujo anterior se describe de la siguiente manera:

- Se solicita un mantenimiento por parte de cualquier empleado que observe alguna avería en los equipos o estructura, este completa el documento y lo entrega al Coordinador de Mantenimiento.
- El coordinador verifica la prioridad, dificultad y establece el orden según las solicitudes acumuladas o nuevas que fueron recibidas durante el día.
- El Técnico de Mantenimiento se encarga de evaluar la falla para determinar las necesidades de mantenimiento y recursos necesarios.
- El Coordinador establece la prioridad y verifica si la empresa cuenta con los recursos para solventar la falla sucedida, si se posee no necesario se genera la OT y el Técnico procederá a realizar la reparación.
- El Técnico repara la falla y el Supervisor del área verifica la correcta ejecución del mantenimiento, y se toman las firmas del personal involucrado.
- Esta es devuelta al Coordinador de Mantenimiento para analizar y registrar los datos en el histórico de mantenimiento, al terminar se archiva el documento por si se requiere consultar la orden de trabajo posteriormente.

Como se observa, la orden de trabajo (OT) elaboradas permitirán el registro de datos de mantenimiento que generen patrones y un historial de fallas que con el pasar del tiempo resultara de importante conocimiento de las necesidades de mantenimiento. Además, permite el control de horas inicio y paro para determinar los tiempos muertos de producción y tiempos de reparación, así comprobar disponibilidades de los equipos de la empresa, como horas hombre empleadas durante las actividades. Las firmas en la OT darán la confiabilidad en la realización de las mismas, comprobando que el trabajo se ejecutó de forma correcta.

La demás documentación del departamento se encuentra en anexos, se puntualizó más en las órdenes de trabajo por la importancia que sobrellevan estos documentos, porque generan numerosa información para el análisis del estado de los equipos, además de destinar los datos necesarios para el modelo de gestión de mantenimiento y fomentar la mejora continua del modelo.

5.2 Fase 1: Definición de objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento

Como paso previo a cualquier actividad del modelo de gestión, es necesario ejecutar la evaluación del estado actual o existente del mantenimiento que se realiza a los equipos. Este análisis se realiza por medio de la auditoría COVENIN, los resultados de la auditoría se resumen en el siguiente diagrama Ishikawa:

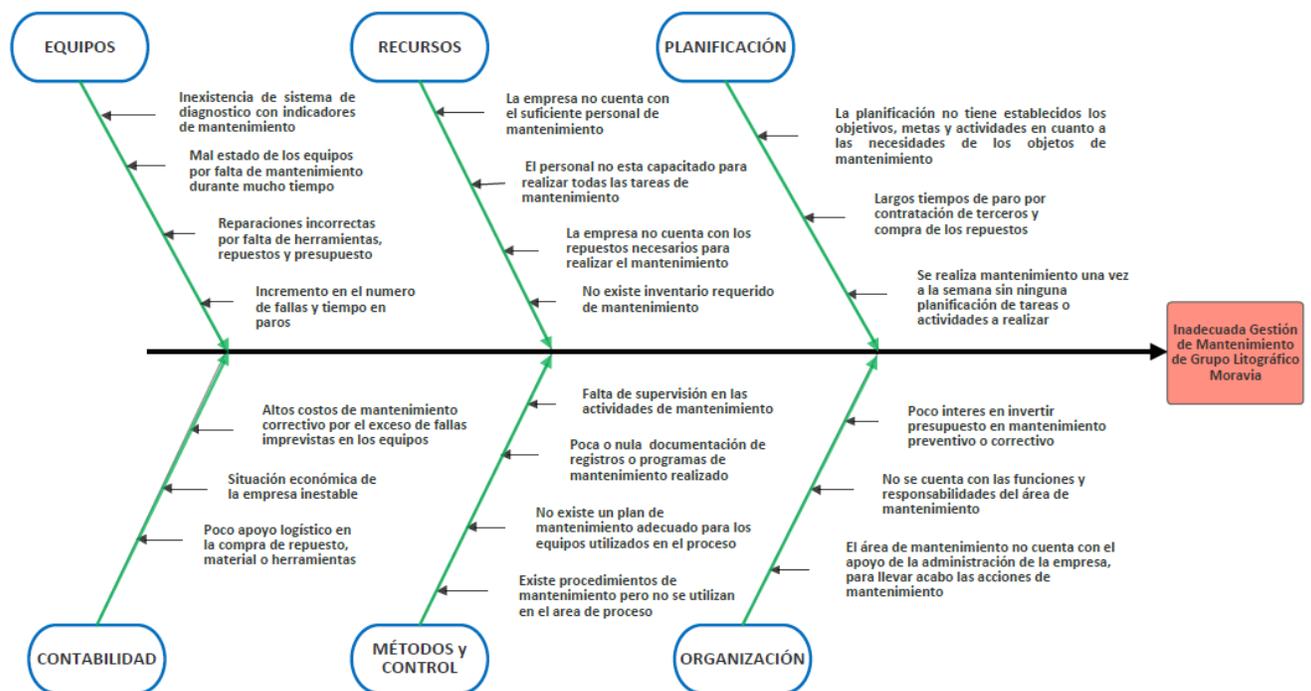


Figura 5.5 Diagrama Ishikawa del estado actual de la empresa.

Fuente: Elaboración Propia (Visio 2016)

Del análisis realizado para la auditoría se definen objetivos y responsabilidades para el área de mantenimiento, los cuales se abordarán durante el desarrollo del proyecto. Estos objetivos se visualizan en la siguiente tabla.

Tabla 25 Mejoras propuestas para Litografía Moravia S.A.

ÁREA	ESTADO ACTUAL	MEJORAS PROPUESTAS
ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	Entendimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Actualizar organigrama para incluir los departamentos faltantes y asignar las funciones de los encargados de las áreas. 2. Cambio cultural con respecto al mantenimiento y ejemplificar la importancia de este.
ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO	Inocencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseñar el departamento de mantenimiento, estableciendo misión y visión 2. Definir el personal necesario para el departamento y las funciones del puesto 3. Modificar y diseñar la documentación que empleara el departamento
PLANIFICACION DE MANTENIMIENTO	Inocencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se define los objetivos del departamento que deben cumplir el personal del departamento 2. Jerarquización de los equipos de la empresa 3. Diseño de plan de mantenimiento preventivo para los equipos más críticos del proceso
MANTENIMIENTO RUTINARIO	Inocencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manuales de mantenimiento rutinario
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	Inocencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Documentación del mantenimiento, 2. Análisis de criticidad 3. Modelo de Gestión de Mantenimiento
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	Inocencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción de mantenimiento correctivo y ejecución de la documentación necesaria para el control.
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Inocencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis de criticidad de equipos 2. Diseño de modelo de Gestión de Mantenimiento. 3. RCM para equipos más críticos. 4. Determinación de actividades de mantenimiento preventivo 5. Documentación

MANTENIMIENTO POR AVERÍA	Inocencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis de causa raíz para elementos del equipo más crítico 2. Documentación necesaria.
PERSONAL DE MANTENIMIENTO	Inocencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinación de personal necesario para el departamento de mantenimiento.
APOYO LOGÍSTICO	Inocencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cambio cultural de la Gerencia sobre el mantenimiento.
RECURSOS	Inocencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar Stock de repuestos necesarios para los equipos 2. Herramientas necesarias para realizar el mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

5.3 Fase 2: Jerarquización de los equipos

Una vez definido los objetivos y responsabilidades es de suma importancia discretizar los equipos de la empresa en base a la criticidad, es decir por su impacto en la producción, seguridad y costo, por lo que esta fase permitirá definir la jerarquía y prioridades a considerar en el modelo de gestión de mantenimiento.

Dicho análisis de criticidad se realizó en el CAPÍTULO 4:, en este se obtuvieron los equipos más críticos de la empresa, en los cuales este modelo de gestión se enfocará en elaborar las estrategias de mantenimiento.

Como resumen del análisis de criticidad mediante el método semi-cuantitativo de riesgos se logró identificar los siguientes equipos como críticos para la empresa:

Tabla 26 Equipos Críticos

Código	Equipo	Jerarquización
PR-SM	Prensa Offset 5 Cuerpos	Crítico
PR-SR	Prensa Barnizadora	Crítico
PR-GTO VP	Prensa Offset 4 Cuerpos	Crítico
PC-PE	Pegadora de Cajas	Semi crítico

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

El equipo más crítico dentro del análisis de criticidad es la Prensa Offset de 5 cuerpos según el método semi-cuantitativo del riesgo, este equipo presenta un valor de riesgo de 230 y al ser el activo que genera la mayor producción de la empresa y con mayor cantidad de paros, por lo que se procederá a realizar las estrategias de mantenimiento según las necesidades de la Prensa Offset de 5 Cuerpos.

5.4 Fase 3: Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto

Esta fase permite definir los puntos débiles de los equipos más críticos y se utiliza el método de Análisis de Causa Raíz (ACR) para determinar las soluciones más apropiadas para la falla que se generara. La empresa al no contar con un histórico de mantenimiento la elaboración por completo del ACR de la Prensa Offset no se puede realizar de forma óptima por lo que se realiza una propuesta de ACR realizando un análisis a partir del conocimiento de los empleados de la empresa.

Ejecutada la jerarquización de los equipos de la empresa se procede a identificar las causas raíces que producen fallos crónicos en los equipos críticos, por medio del ACR que permite de forma sistemática de determinar las fallas, para implementar posteriormente soluciones que disminuyan el impacto.

Para la elaboración del ACR se utilizará el siguiente modelo propuesto por (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2015) el cual se muestra en la siguiente figura.

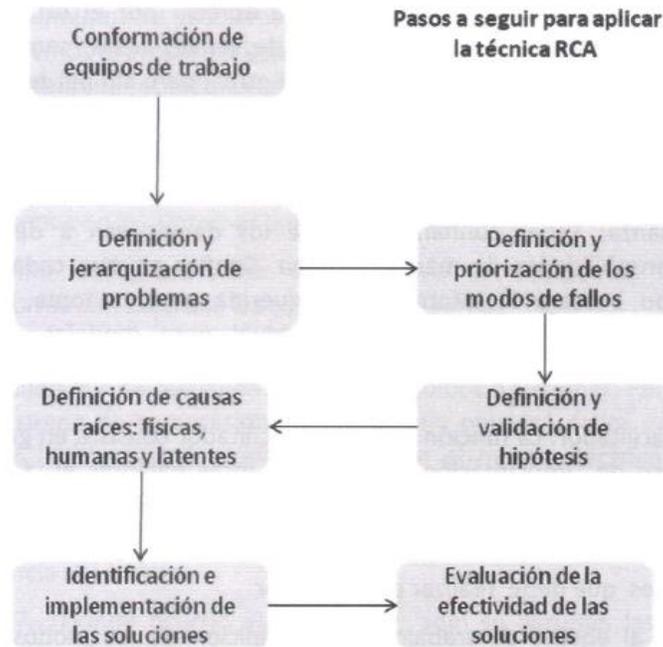


Figura 5.6 Etapas para aplicar el ACR

Fuente: (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2015)

5.4.1 Etapa 1: Conformación de Equipo de Trabajo

Esta etapa permite conformar el equipo de trabajo de diferentes áreas o departamentos de la organización, para analizar las fallas más comunes y críticas de los distintos equipos, de esta forma se logra crear un objetivo común. El equipo está conformado por las siguientes personas

Tabla 27 Equipo de ACR

Nombre	Puesto
José Pablo Montero	Jefe de Producción
Carlos Araya	Supervisor Troquelado
Gabriel Martínez	Supervisor Pegadora
Norman Ramírez	Pre Prensa

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Este equipo se conformó con base en los conocimientos de cada uno de los integrantes, además de consideraciones por parte del Jefe de Producción que permitieron elegir al equipo más adecuado para aplicar el ACR dentro de la empresa.

5.4.2 Etapa 2: Definición y jerarquización de problemas

En esta etapa se definen los problemas o fallas en los equipos más críticos de la empresa por lo que se considera el conocimiento de los integrantes del equipo y de los operarios que son los que tienen comprensión sobre el estado de los activos y frecuencia de los fallos durante el tiempo. Esta jerarquización se realiza en base a la experiencia porque la empresa no cuenta con un histórico de mantenimiento que permita detallar de la mejor forma el impacto de un fallo dentro de la organización.

Por lo que se describe un listado de fallas de la Prensa Offset y el impacto que produce cada uno sobre el ambiente, costo de mantenimiento, frecuencia, impacto en la producción y la flexibilidad de operación.

Tabla 28 Jerarquización de Fallos de la Prensa Offset

Nº	Falla	Elemento	Frec.	Impac. Op.	Flex.	Costos	Impacto SHA	C	Riesgo	Acumulado	Acumulado %
1	Desgaste de Rodillos Mojadores	Rodillos Mojadores	3	3	2	2	1	9	27	27	5%
2	Rodamientos en el rodillo de la unidad de Barniz	Rodamientos	2	2	1	1	1	4	8	35	7%
3	Motor principal no enciende	Motor Eléctrico	3	4	4	2	1	19	57	92	18%
4	Baja Presión de Descarga	Compresor	4	3	4	2	1	15	60	152	29%
5	Cambio de roles de sistema de agua de primera unidad	Rodamientos	4	2	2	1	1	6	24	176	34%
6	Calibración del balancín	Balancín	2	2	1	1	1	4	8	184	35%
7	Alta vibración del compresor	Compresor	2	3	2	2	1	9	18	202	38%
8	Compresor no enciende	Compresor	3	3	4	2	1	15	45	247	47%
9	Desgaste en rodillos aspiradores	Rodillos Aspiradores	2	3	2	2	1	9	18	265	50%
10	Desgaste de rodillos dadores de tinta	Rodillos Dadores	3	2	2	2	1	7	21	286	54%
11	Fuga en Bomba de aceite	Bomba de Aceite	4	3	4	2	2	16	64	350	67%
12	Motor del ventilador no enciende	Sistema Enfriamiento	3	3	2	1	1	8	24	374	71%
13	El chiller Baldwin enciende y no enfría.	Sistema Enfriamiento	3	3	4	2	1	15	45	419	80%
14	Sobrecalentamiento del motor	Compresor	2	3	4	2	1	15	30	449	86%
15	Se detiene el compresor	Compresor	2	3	2	1	1	8	16	465	89%
16	Ventilador del condensador del chiller Tecnotrans no enciende	Sistema Enfriamiento	2	2	4	2	1	11	22	487	93%
17	Cambio de rodamientos de los rodillos mojadores	Rodillos Mojadores	3	3	2	1	1	8	24	511	97%
18	Cambio de retenedores de la primera unidad	Retenedores	2	3	1	1	1	5	10	521	99%
19	Cambio de roles de rodillos de cromo	Rodamientos	1	2	1	1	1	4	4	525	100%

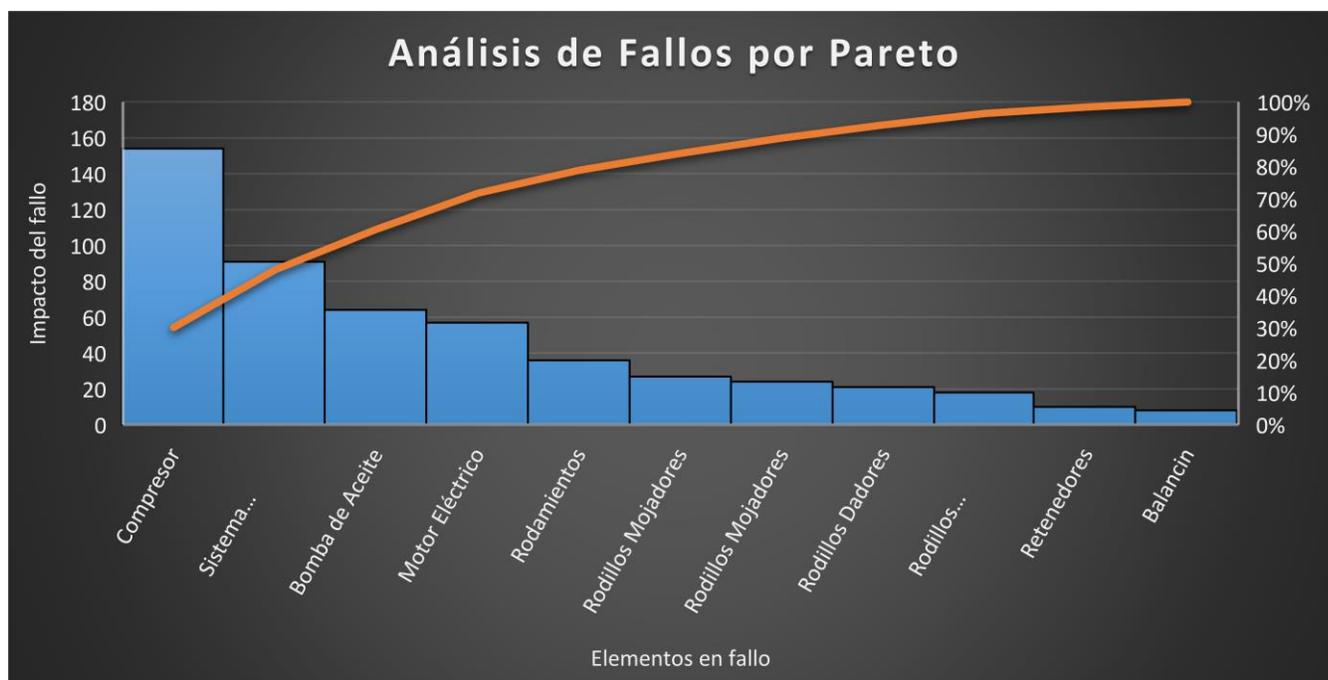
Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Luego se cuantifica el impacto del fallo en función del riesgo por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Riesgo} = \text{Frecuencia} \left((\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costos Mto} + \text{Impacto SHA} \right)$$

De esta forma se permite la identificación de los fallos como se muestra en la siguiente Tabla 286, valorando el impacto de estos en la empresa midiendo el riesgo de cada uno, de esta forma se procede a realizar la jerarquización de los elementos que fallan por medio del Criterio de Pareto y así analizar los paros que producen el 80% de las pérdidas.

El criterio de Pareto permite identificar los elementos de la Prensa Offset que son de mayor criticidad y de esta forma establecer las prioridades dentro del Análisis de Causa Raíz, estos se pueden observar en el siguiente gráfico de Pareto.



Gráfica 4 Diagrama de Pareto para ACR

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

El gráfico anterior permite identificar al compresor, sistema de enfriamiento, bomba de aceite y motor eléctrico que genera el 80% de pérdidas, los demás elementos se consideran como muchos triviales según el criterio utilizado. En la siguiente etapa del ACR se considera solamente el compresor, esto para realizar un ejemplo de la elaboración del método y que el equipo de trabajo del ACR tenga el conocimiento para realizar el seguimiento al proceso cuando se presente fallas en los equipos.

5.4.3 Etapa 3: Definición y priorización de los modos de fallos

Esta etapa contempla los modos de falla que producen el paro o fallo de los elementos anteriores, por lo que se procede a identificar el impacto para cada uno de los modos de falla definidos por el conocimiento del equipo de trabajo de ACR y de los operarios de la empresa.

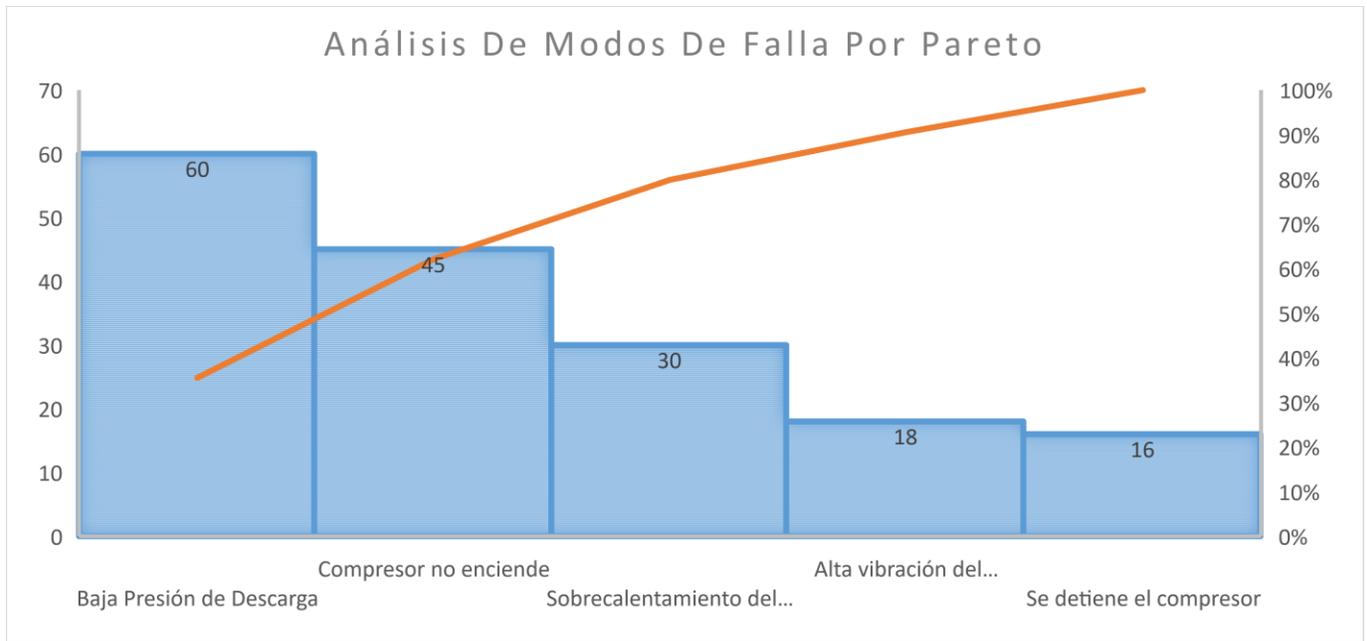
De esta forma se obtuvo los siguientes modos de falla del compresor, los cuales ejemplifican fallas con el mayor impacto que tiene el equipo dentro de la empresa.

Tabla 29 Modo de Falla del Compresor

Modo de Falla	Riesgo	Acumulado	%	Acumulado %
Baja Presión de Descarga	60	60	36%	36%
Alta vibración del compresor	18	78	11%	46%
Compresor no enciende	45	123	27%	73%
Sobrecalentamiento del motor	30	153	18%	91%
Se detiene el compresor	16	169	9%	100%

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

De este modo se logra realizar el análisis de los modos de fallos por el riesgo que generan en varios ámbitos de la empresa, luego se realiza la siguiente etapa a los modos fallas que se consideren importantes y tengan la oportunidad de mejora según el criterio de Pareto y así definir las causas para los modos de falla que producen el 80% de pérdidas según Pareto.



Gráfica 5 Análisis de Modo de Falla por Pareto

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Según el Pareto anterior se logra obtener los modos de falla que generan mayor impacto y el 80% de pérdidas en la presenta, de esta forma las siguientes etapas se deberán enfocar en los modos analizados por el criterio de Pareto, pero al considerar que son limitados los modos de fallas las siguientes etapas se elaboraran contemplando todos los modos de falla, esto para ejemplar el análisis de causa raíz del compresor.

5.4.4 Etapa 4: Definición y validación de hipótesis

Una vez establecidos los modos de falla se procede a definir la hipótesis de cada uno, definiendo la probabilidad de ocurrencia de las hipótesis o suposiciones por medio de los siguientes tipos.

Tabla 30 Tipos de probabilidad de hipótesis

Hipótesis
Tipo A - Probabilidad Alta
Tipo B - Probabilidad Media
Tipo C - Probabilidad Baja

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Definida la probabilidad según el equipo de trabajo de ACR se establece la siguiente hipótesis para los modos de falla contestando la siguiente pregunta ¿Por qué suceden los modos de fallos?, por ese medio se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 31 Hipótesis de modo de falla

Hipótesis de Modo de Fallos			
1	Compresor no enciende	Falta de Aceite	A
		Motor averiado	B
		Transmisión de potencia	C
2	Alta vibración del compresor	Tensión de la correa incorrecta	B
		Desalineación de la polea	A
3	Sobrecalentamiento del motor	Mala Ventilación	C
		Superficies de enfriamientos sucias	B
		Falla en el aislamiento del devanado	A
4	Baja Presión de Descarga	Fugas de Aire	A
		Válvula con Fuga	B
		Entrada de aire restringida	A
		Anillos del pistón o cilindro desgastados	C
5	Se detiene el compresor	Bajo voltaje al motor	C
		Válvula de retención dañada	A

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

La Tabla 31 permite definir las hipótesis del compresor las cuales se obtuvieron para definir las causas raíces en la siguiente etapa del método.

5.4.5 Etapa 5: Definición y validación de causa raíces

Definida las hipótesis el equipo de trabajo se analizan las causas raíces según las siguientes categorías para identificarlas y clasificarlas para una mejor comprensión de los modos de fallas.

- Causa Raíz Física (F): Causa que involucra materiales o elementos tangibles
- Causa Raíz Humana (H): Causa generada por una intervención humana incorrecta, es decir, errores humanos
- Causa Raíz Latente (L): Causas relacionadas con la deficiencia en sistemas administrativos.

Para delimitar las causas se debe contestar la siguiente pregunta ¿Por qué sucedió la hipótesis? y así definir las siguientes causas.

Tabla 32 Causas raíces de las hipótesis

Hipótesis		Causas Raíces	
Falta de Aceite	A	No se rellena el aceite del compresor	H
		Falta de inspecciones del nivel de aceite	L
Motor averiado	B	Conexión defectuosa de las líneas de alimentación	H
		Falla en el devanado del motor	F
Transmisión de potencia	C	Ruptura de faja de transmisión	F
		Alineamiento incorrecto al instalar el equipo	H
Tensión de la correa incorrecta	B	Mal ajuste de la correa	H
		Desgaste de la correa	F
		Falta de mantenimiento preventivo	L
Desalineación de la polea	A	Mal ajuste de la correa	H
		Desgaste de la correa	F
		Falta de mantenimiento preventivo	L
Mala Ventilación	C	Instalación del compresor en un área sin ventilación	H
		Mala organización para la instalación de equipos	L
Superficies de enfriamientos sucias	B	Falta de limpieza	H
		El ambiente del equipo genera mucho polvo	F
		Ausencia de procedimiento de limpieza	L
Falla en el aislamiento del devanado	A	Rodamientos atascados	F
		Ambiente de operación mantiene una alta temperatura	F
		Arranque del motor con un valor de corriente bajo	F
Fugas de Aire	A	Ruptura de manguera	F
		Falta de inspecciones de mantenimiento	L
		Inadecuada sujeción de la manguera con el acople	H
Válvulas con Fuga	B	Desgaste de la válvula	F
		Mal colocación de la Válvula	H
		No cuenta con plan de mantenimiento preventivo	L
Entrada de aire restringida	A	El filtro de aire está sucio u obstruido	F
		No cuentan con plan de mantenimiento preventivo	L
		No se realiza la limpieza y cambio del filtro	H
Anillos del pistón o cilindro desgastados	C	Depósito de aceite se encuentra vacío o nivel bajo	F
Bajo voltaje al motor	C	Conexiones flojas que no transmiten la energía correctamente	F
		Fallo en la corriente de alimentación	F
Válvula de retención dañada	A	Fuga en la válvula de retención por fatiga	F
		Falta de mantenimiento	L

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

A continuación, se observa de modo gráfico el árbol de fallos del compresor.

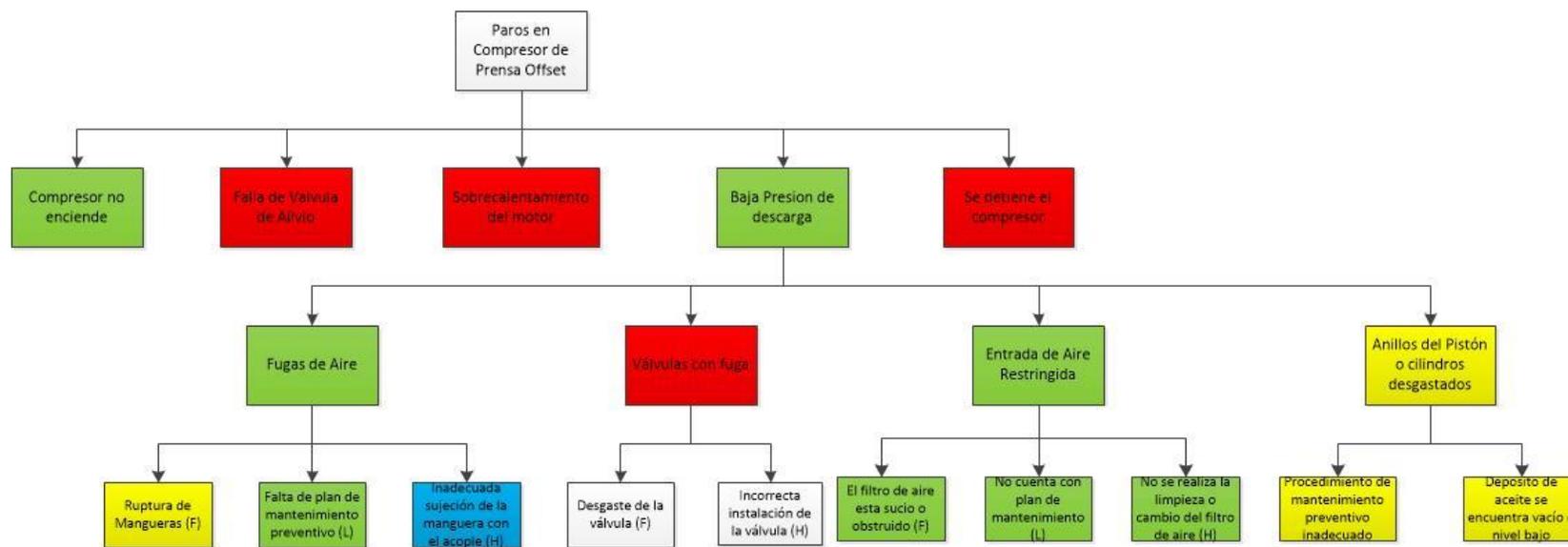


Figura 5.7 Árbol de Fallas del Compresor

Fuente: Elaboración Propia (Visio 2010)

En este se incluye el seguimiento del modo de falla que genera 80% de pérdidas según el criterio de Pareto el cual se analizan las causas de la baja presión y en la siguiente etapa se establecen las recomendaciones para solventar dichos paros en el equipo.

Esta metodología se puede realizar para los demás modos de fallas del equipo y así obtener una versión gráfica del análisis de causa del compresor.

5.4.6 Etapa 6: Definición y evaluación de la efectividad de las soluciones

Esta etapa define las soluciones o recomendaciones necesarias para reducir la recurrencia y el impacto que genera cada evento de falla, permitiendo así la mejora en la disponibilidad del elemento analizado. En la siguiente tabla se muestra las soluciones recomendadas para reducir el impacto de los modos de fallos del compresor de la Presa Offset de 5 Cuerpos.

Tabla 33 Soluciones recomendadas para los modos de falla del Compresor

Modo de Fallos		Hipótesis	Recomendaciones	
1	Compresor no enciende	Falta de Aceite	<p>A</p> <p>1. Diseñar plan de mantenimiento preventivo en el cual incluya las actividades de revisión de Carter del aceite (Diarias), inspección y medición de parámetros del motor, y revisión de la faja de transmisión (100 horas de Operación)</p> <p>T: 1 semana C: \$153,2</p> <p>R: Coordinador de Mantenimiento</p> <p>2. Cambio de faja de transmisión y compra de repuesto para el stock</p> <p>C: \$37,50</p> <p>T: 3 - 4 días</p> <p>R: Coordinador de Mantenimiento y Técnico de Mantenimiento</p>	
		Motor averiado		B
		Transmisión de potencia		C
2	Alta vibración del compresor	Tensión de la correa incorrecta	<p>B</p> <p>1. Capacitación del Operario sobre alineamiento de transmisión</p> <p>2. Programar revisiones de la faja de transmisión</p> <p>T: 3 - 4 horas</p> <p>C: \$15,2</p> <p>R: Coordinador de Mantenimiento</p>	
		Desalineación de la polea		A

3	Sobrecalentamiento del motor	Mala Ventilación	C	<p>1. Elaborar procedimiento de limpieza T: 2 Días - C: \$36,5 - R: Coordinador de Mantenimiento</p> <p>2. Realizar limpieza del compresor con una frecuencia Mensual T: 30 min - C: \$6,9 - R: Técnico de Mantenimiento</p> <p>3. Diseñar mantenimiento preventivo para el motor R: Coordinador de Mantenimiento</p> <p>4.Reparación del motor por un contratista R: Coordinador de Mantenimiento</p>
		Superficies de enfriamientos sucias	B	
		Falla en el aislamiento del devanado	A	
4	Baja Presión de Descarga	Fugas de Aire	A	<p>1. Planificar inspecciones por fugas en el compresor R: Coordinador de Mantenimiento</p> <p>2. Cambio de Mangueras del compresor T: 40 min - R: Técnico de Mantenimiento - C: \$38,9</p> <p>3. Cambio de válvula de alivio si presenta daños</p> <p>4. Incluir revisiones de la válvula en el plan de mantenimiento R: Coordinador de Mantenimiento</p> <p>5. Incluir limpieza del filtro de aire del compresor (Diario) y realizar el reemplazo semestralmente R: Coordinador de Mantenimiento</p> <p>6.Rellenar el carter de aceite del compresor y cambiar el aceite cada 100 horas de operación T: 15 min - R: Técnico de Mantenimiento - C: \$28,6</p>
		Válvula con Fuga	B	
		Entrada de aire restringida	A	
		Anillos del pistón o cilindro desgastados	C	
5	Se detiene el compresor	Bajo voltaje al motor	C	<p>1. Ajustar conexiones de las terminales del motor T: 30 min - C: \$3,9 - R: Técnico de Mantenimiento</p> <p>2. Cambio de la válvula de retención T: 55 min - C: \$58,9 - R: Técnico de Mantenimiento</p>
		Válvula de retención dañada	A	

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Definidas las soluciones se realiza la siguiente tabla de seguimiento para determinar la efectividad y correcciones que se requieran valorar.

Tabla 34 Control y seguimiento del ACR

Recomendaciones	Resultados esperados	Resultados Obtenidos (Julio - Noviembre)
<p>1. Diseñar plan de mantenimiento preventivo en el cual incluya las actividades de revisión del depósito del aceite (Diarias), inspección y medición de parámetros del motor, y revisión de la faja de transmisión (100 horas de Operación) T: 1 semana C: \$153,2 R: Coordinador de Mantenimiento</p> <p>2. Cambio de faja de transmisión y compra de repuesto para el stock C: \$37,50 T: 3 - 4 días R: Coordinador de Mantenimiento y Técnico de Mantenimiento</p>	<p>Plan de mantenimiento preventivo para el compresor</p> <p>Repuesto de faja de transmisión</p> <p>Implementación del Plan de Mantenimiento</p>	
<p>1. Capacitación del Operario sobre alineamiento de transmisión</p> <p>2. Programar revisiones de la faja de transmisión T: 3 - 4 horas C: \$15,2 R: Coordinador de Mantenimiento</p>	<p>Operario capacitado</p>	
<p>1. Elaborar procedimiento de limpieza T: 2 Días - C: \$36,5 - R: Coordinador de Mantenimiento</p> <p>2. Realizar limpieza del compresor con una frecuencia Mensual T: 30 min - C: \$6,9 - R: Técnico de Mantenimiento</p> <p>3. Diseñar mantenimiento preventivo para el motor R: Coordinador de Mantenimiento</p> <p>4. Reparación del motor por un contratista R: Coordinador de Mantenimiento</p>	<p>Compresor limpio y sin acumulación de polvo</p> <p>Procedimiento de limpieza y ejecución del mismo</p> <p>Motor en buenas condiciones y operando en parámetros correctos según el motor</p> <p>Ejecución del PMP</p>	
<p>1. Planificar inspecciones por fugas en el compresor R: Coordinador de Mantenimiento</p> <p>2. Cambio de Mangueras del compresor</p>	<p>EL plan de mantenimiento debe incluir las revisiones por fugas</p>	

<p>T: 40 min - R: Técnico de Mantenimiento - C: \$38,9</p> <p>3. Cambio de válvula de alivio si presenta daños</p> <p>4. Incluir revisiones de la válvula en el plan de mantenimiento</p> <p>R: Coordinador de Mantenimiento</p> <p>5. Incluir limpieza del filtro de aire del compresor (Diario) y realizar el reemplazo semestralmente</p> <p>R: Coordinador de Mantenimiento</p> <p>6. Rellenar el depósito de aceite del compresor y cambiar el aceite cada 100 horas de operación</p> <p>T: 15 min - R: Técnico de Mantenimiento - C: \$28,6</p>	<p>Revisión constante de la válvula</p> <p>Filtro limpio y en buen estado</p> <p>EL nivel del depósito de aceite se encuentre en niveles aceptables</p> <p>Incluir en el PMP válvulas y el depósito de aceite</p> <p>Ejecución del plan de mantenimiento según las frecuencias establecidas</p>	
<p>1. Ajustar conexiones de las terminales del motor</p> <p>T: 30 min - C: \$3,9 - R: Técnico de Mantenimiento</p> <p>2. Cambio de la válvula de retención</p> <p>T: 55 min - C: \$58,9 - R: Técnico de Mantenimiento</p>	<p>Conexiones ajustadas que permitan el paso correcto de la electricidad</p>	

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Esta tabla permite determinar la efectividad de las soluciones observando el resultado esperado con el obtenido y así establecer si las soluciones son las correctas o requieren de alguna modificación para resolver el modo de falla. De igual forma considerar si las causas definidas por el equipo de trabajo son las correctas y las soluciones solventan dichas causas.

Se debe desarrollar después del análisis de los resultados obtenidos un plan de acción para la eficiente ejecución de las soluciones, si los resultados son desfavorables en algún sentido con el elemento, equipo o proceso.

Y por último todos los beneficios obtenidos por las recomendaciones implantadas se deben de divulgar en la empresa para generar un ámbito de motivación y culturalización dentro de los colaboradores y hacerles observar la importancia del mantenimiento en el proceso que realiza Litografía Moravia S.A.

5.5 Fase 4: Diseño de planes de mantenimiento preventivo y de los recursos necesarios

En esta fase se diseña los planes de mantenimiento utilizando la estrategia del RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), se utiliza esta estrategia porque determina de forma conveniente las necesidades de mantenimiento del activo más crítico de la empresa, por medio de este método se identifican las funciones de la Prensa Offset de 5 Cuerpos y la forma en que estas funciones pueden fallar y así establecer las actividades de mantenimiento preventivo que se adapten de mejor forma y que producen mayor eficiencia en la aplicación de estas. Como se confirmó en la jerarquización de los equipos el activo más crítico es la Prensa Offset de 5 Cuerpos es por lo tanto que el RCM va ser realizado para este equipo.

De igual forma el análisis de RCM se puede homologar para las demás prensas ya que las variaciones entre equipos son la cantidad de unidades de impresión, tamaño de pliegos y cantidad de colores e emplear, por lo que las actividades de mantenimiento se pueden realizar conforme se especifican en el RCM.

Esta estrategia de mantenimiento permitirá determinar las actividades necesarias para asegurar que el activo en análisis continúe operando de forma normalizada y en las condiciones actuales del equipo. Así de esta forma se puede definir el mantenimiento innecesario o inefectivo para reducir el costo de mantenimiento. Por lo que se pretende obtener con el RCM los siguientes beneficios para la empresa:

1. Aumentar la seguridad para el personal operario de los equipos, además de disminuir el impacto ambiental de los equipos y el mantenimiento realizado.
2. Incrementar la confiabilidad operacional de la Prensa Offset reduciendo tiempos muertos y las consecuencias que sobrellevan estos.

3. Mejorar la disponibilidad de la Prensa Offset
4. Reducir el costo del mantenimiento Correctivo y Preventivo.
5. Aumentar la vida útil o reducir el desgaste de la Prensa Offset para aumentar la utilidad del equipo durante un periodo de tiempo.

Para el desarrollo del RCM de la Prensa Offset se utilizará el siguiente flujo-grama de la figura el cual establece la secuencia de pasos para el correcto diseño e implantación del RCM

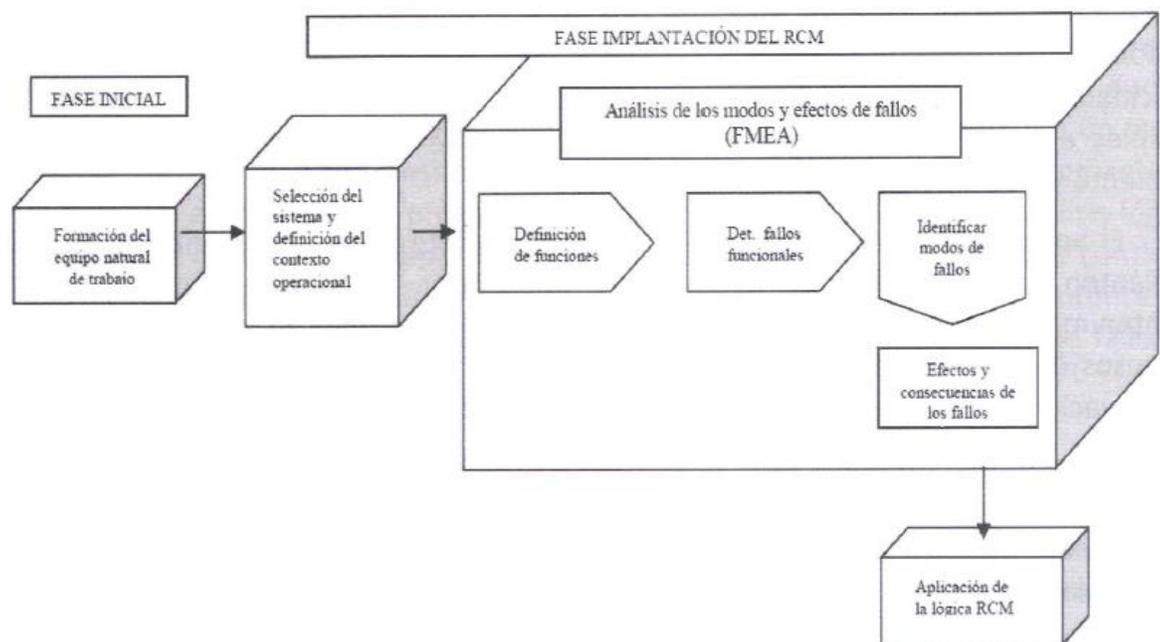


Figura 5.8 Flujo-grama para diseño de RCM

Fuente (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2015)

5.5.1 Formación del equipo de trabajo

Antes de iniciar el análisis, se procede a elaborar el equipo de trabajo que permita determinar que todos los puntos de vista estarán contemplados dentro el estudio por realizar, es por lo que se elige personal de diferentes áreas que consientan la distinción entre las diferentes preguntas que resuelve el RCM. En la siguiente tabla se muestra el equipo a utilizar:

Tabla 35 Equipo de Trabajo para el RCM

Nombre	Puesto	Asignación
José Pablo Montero	Jefe de Producción	Mantenimiento
Michael Quesada	Operario de Prensa	Operario
Joaquín Jiménez	Supervisor de Prensa	Supervisor de Producción
María Montero	Calidad	Supervisor de Ingeniería
José Pablo Gómez	Externo	Facilitador

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

5.5.2 Contexto operacional

A continuación, se presenta la definición de contexto operacional de la Prensa Offset

- **Propósito**
Realizar la impresión de pliegos de papel por medio de impregnación de tinta de la plancha de aluminio flexible que envuelve el cilindro Porta Planchas y luego transferir la imagen en el papel.
- **Descripción del Sistema**
Esta impresión se llama Offset porque se realiza de forma indirecta ya que la batería de rodillos de humectación baña la plancha en las zonas que no hay imagen, luego la batería de rodillos entintadores aplican la tinta en la zona de imagen de la plancha. El cilindro Porta Mantilla trasfiere la imagen al papel.

- Variables importantes
 - Cinco (5) cuerpos impresores, con una unidad para barnizado.
 - Calibre de papel: hasta C24.
 - Tamaño mínimo de papel: 11 x 12 pulgadas.
 - Tamaño máximo de papel: 20 x 29 pulgadas.
 - Agarre de pinzas (papel): 10 milímetros.
 - Agarre de mordazas (plancha): 65 milímetros.
 - Solución de Fuente: Ph= 4.5 – 5.5 T: (10-12)°C

- Equipos Principales
 - Unidad de Impresión
 - Motor Eléctrico
 - Sistema de Enfriamiento
 - Sistema de Neumático
 - Sistema Hidráulico
 - Mando Electrónico
 - Marcador
 - Salida y Entrada
 - Protecciones
 - Cuerpo Barnizador

- Diagrama de Entrada – Proceso – Salida (EPS)

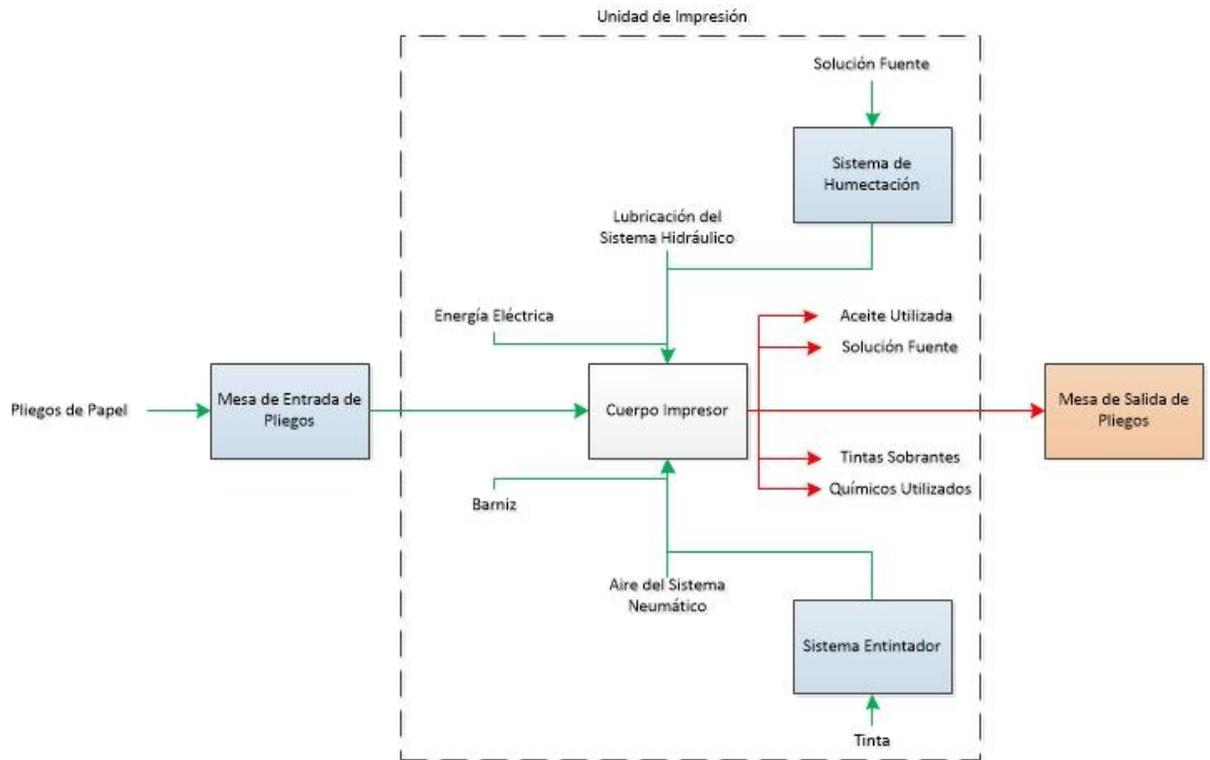


Figura 5.9 Diagrama de EPS

Fuente: Elaboración Propia (Visio 2010)

5.5.3 Selección de Sistemas

Por la complejidad de este tipo de equipos se realiza la siguiente jerarquización de los sistemas o componentes principales de la Prensa Offset, de esta forma permitirá enfocar las actividades a elementos más críticos de la prensa, pero después de la implantación y evaluación del RCM se deberá de incluir los demás elementos para contemplar por completo el equipo y así reducir paros y costos de mantenimiento.

El análisis de criticidad se realiza por medio del conocimiento del equipo de trabajo los cuales contribuyen con información sobre frecuencias de fallas, costos de mantenimiento y el impacto que tiene en la producción, seguridad y ambiente. Así se lograr jerarquizar los sistemas de la prensa para ejecutar las siguientes etapas del RCM en el análisis de los siguientes sistemas críticos:

Tabla 36 Jerarquización de los Sistemas de la Prensa Offset

Criterios evaluados Riesgo: FF x ((IOxFO) + CM + SHA)									
N°	Equipo	FF	IO	FO	CM	SHA	Consecuencia	Total	Jerarquización
1	Sistema Neumático	3	7	2	4	2	20	60	Semi crítico
2	Sistema Hidráulico	4	7	3	3	3	27	108	Crítico
3	Motor Eléctrico	1	7	2	1	2	17	17	No crítico
4	Cuerpo Barnizador	2	4	2	1	2	11	22	No crítico
5	Mando Electrónico	1	7	1	3	2	12	12	No crítico
6	Marcador	1	7	1	2	2	11	11	No crítico
7	Unidad Impresora	4	10	3	2	3	35	140	Crítico
8	Sistema de Enfriamiento	4	7	3	2	3	26	104	Crítico
9	Salida y Entrada	1	7	2	1	1	16	16	No crítico
10	Protecciones	1	1	2	2	4	8	8	No crítico

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Para la jerarquización de la tabla anterior se utiliza la matriz de riesgos la cual permite identificar los equipos como Críticos, Semi Críticos y No Críticos.

Tabla 37 Matriz de Riesgos

Frecuencia	5					
	4			2,8	7	
	3		1			
	2		4			
	1	5,6,10	3,9			
		10	20	30	40	50
		Consecuencias				

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

De esta forma se concluye que los siguientes sistemas: Unidad de Impresión, Sistema Hidráulico y el Sistema de Enfriamiento serán los que se diseñarán el respectivo RCM para definir el plan de mantenimiento preventivo.

5.5.4 Desarrollo del Análisis de Modos y Efectos de Fallos (AMEF)

Para definir un RCM se debe responder las siguientes preguntas según el orden especificado y estas son:

1. ¿Cuáles son las funciones de los activos y sus respectivos patrones de operación o ejecución?
2. ¿Cuáles son los fallos funcionales asociados a las funciones del equipo?
3. ¿Cuáles son los modos de fallas de cada falla funcional?
4. ¿Cuáles son los efectos de falla?
5. ¿De qué forma suceden las fallas (Consecuencias)?
6. ¿De qué manera se puede prevenir o predecir la falla?
7. Si la tarea proactiva no se encuentra, ¿qué se debe hacer?

De acuerdo con el cumplimiento de las anteriores preguntas se obtiene la hoja de trabajo que incluye los aspectos indicados y así poder aplicar el RCM. La hoja de trabajo muestra los siguientes elementos:

- i. Funciones
- ii. Fallas Funcionales
- iii. Modos de Falla
- iv. Efectos de Falla
- v. Consecuencias de Falla
- vi. Tareas Proactivas
- vii. Acciones por de Defecto

La hoja de trabajo de RCM utilizada se basa en el formato facilitado por el Ing. Carlos Piedra en el curso de Administración de Mantenimiento I, la cual incluye todos los elementos anteriores y se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 38 Hoja de Trabajo de RCM

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		SUB-PARTE	MODO DE FALLA			CAUSA	EFECTO			ACCIÓN PROACTIVA		

Fuente: Hoja de Trabajo RCM, Piedra (Excel 2016)

Las funciones se detallan por medio de dos espacios, los cuales corresponden al número consecutivo y campo de texto donde se especifica la función, de igual forma los dos espacios de la falla funcional, uno es la letra consecutiva y el otro el texto donde se detalla la falla.

El tipo de modo de falla se compone de la siguiente manera:

Tabla 39 Tipo de Modo de Falla

Tipo de Modo de falla	
I	Interno
E	Externo

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

El tipo de modo de falla interno hace referencia a la falla que se encuentra dentro de los elementos que se analizan. El modo de falla externo es aquel que se encuentra fuera de los límites de análisis.

Tabla 40 Tipos de Efectos de los Modos de Falla

Tipo de Efecto	
1	Seguridad
2	Medio ambiente
3	Producción
4	Pérdida de producto
5	Calidad producto
6	Impacto en máquina

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

El tipo de efecto se clasifica según la tabla anterior y este se anota en la segunda casilla de la hoja de trabajo del RCM y además se coloca en la primera casilla el número consecutivo.

Tabla 41 Tipo de Acciones Proactivas

Tipo de Acción proactiva	
1	Mto predictivo
2	Mto preventivo
3	Procedimiento de operación
4	Rediseño
5	Mto correctivo, dejar fallar

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Las acciones proactivas se enumeran en la primera casilla y en la segunda se coloca el número según la clasificación de la tabla anterior donde se detalla el ámbito a que hace referencia las acciones.

De esta forma se diseña los RCM's de los sistemas anteriormente evaluados y estas se muestran en los Anexos 6, 7 y 8.

5.5.5 Plan de mantenimiento preventivo

Por medio del método de RCM se obtiene las rutinas de mantenimiento que incluye a los sistemas más críticos de las prensas, pero para incluir a los demás sistemas se establecen rutinas basadas según el manual del fabricante y experiencia de los operarios a cargo de los equipos, y así definir un plan de mantenimiento que incluya por completo el equipo.

Luego de definir las rutinas se establece el encargado de realizarlas, se estima una duración promedio para cada una de las actividades y los recursos necesarios para ejecutarlas. Este plan de mantenimiento se encuentra en el Anexo 9.

Además, del plan de mantenimiento preventivo, se realizan manuales de mantenimiento que permitan la correcta ejecución de los puntos de lubricación manuales que conforman a las prensas y así establecer la correcta ejecución de estas, por parte de los operarios que serían los responsables de los trabajos de lubricación. Estos manuales se encuentran en el Anexo 13, se dividen por frecuencia en diario, semanal, mensual y semestral, para la elaboración de los manuales se tomó en cuenta el manual de la prensa y también la experiencia previa de los operadores y el Jefe de Producción.

5.5.6 Stock de Repuestos

Para la selección de repuestos se utilizó un método cualitativo el cual se consideró la experiencia y el conocimiento del grupo de trabajo del RCM para así definir los repuestos necesarios y la cantidad requerida para el stock. Esta selección consideró también los repuestos necesarios para el plan de mantenimiento propuesto según la frecuencia determinada y así contar con los repuestos necesarios para el cumplimiento del plan.

Conforme se genere la recopilación de datos de los verdaderos requerimientos, el departamento de mantenimiento realizará la correcta selección de los repuestos y la cantidad recomendada para almacenar en la bodega.

Pero por el momento se contempla la adquisición de los repuestos de las tres prensas en análisis, permitiendo así reducir excesivos paros por no contar con los repuestos necesarios en la planta. El stock de repuestos se encuentra en el Anexo 10.

Para el mantenimiento externo se tiene que la empresa contrata a externos para la realización de mantenimiento de motores, daños en los rodillos, entre otros. En el presente proyecto no se integra un programa de mantenimiento externo, pero se considera que con la contratación de un técnico de mantenimiento especializado en las prensas, el mantenimiento externo se reducirá conforme pase el tiempo. Pero se recomienda que la contratación de un tercero se realice según las siguientes medidas para mantener un costo-efectividad de la empresa.

1. Se requiere de conocimientos o tecnología que la empresa no tiene.
2. Definir especificaciones de los servicios para planificar frecuencias de intervenciones, repuesto, y rapidez de servicio.
3. Elaborar contratos que permitan que las empresas externas cumplan con los requerimientos de la empresa.
4. Definir un presupuesto para la contratación de externos.

5.6 Fase 5: Programación del mantenimiento y optimización de los recursos

Para la presente fase se realizará un análisis probabilístico de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (CDM) de los equipos más críticos y así determinar rangos o períodos de tiempo para la programación de la aplicación del mantenimiento. De esta forma se obtiene los valores de desempeño y determinar un patrón esperado como meta según el mantenimiento que se requiere aplicar.

De esta forma se determina la probabilidad en que el equipo puede ejecutar su función requerida durante un período de tiempo.

Por lo que el primer paso es establecer un período de tiempo para realizar el análisis y de este se obtiene los tiempos de operación y tiempo fuera de servicio o de reparación durante una falla específica.

5.6.1 Análisis para la Prensa Offset de 5 Cuerpos (PR-SM)

El análisis se realiza estableciendo los tiempos de operación y fuera de servicio de un período de tiempo, en la siguiente tabla se muestra los valores obtenidos.

Tabla 42 Tiempo de Operación y Fuera de Servicio

Mes	TO Hr(s)	TFS Hr(s)
1	324,75	11,25
2	334	2
3	319	17
4	247,92	88,08
5	250,66	85,34
6	282,01	53,99
7	251,5	84,5
8	151,9	184,1
9	230,8	105,2
10	153,5	182,5

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Estos datos se obtuvieron a partir del 1 de febrero del 2017 al 27 de diciembre del 2017, esta información se obtuvo por medio del control de horas de trabajo de la empresa, que permitió la adquisición del tiempo por falla o mantenimiento correctivo.

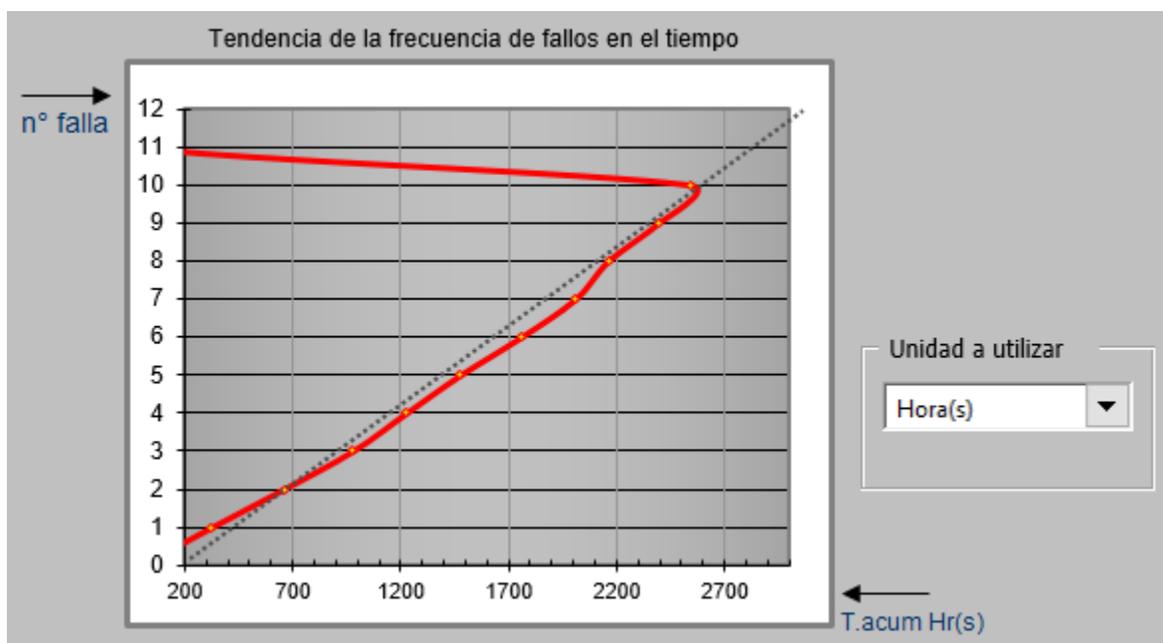


Figura 5.10 Tendencia de la frecuencia de fallos

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

5.6.1.1 Análisis de Confiabilidad PR-SM

Al realizar el análisis se calcula el valor de β el cual permite identificar en qué periodo o sector de la curva de la bañera (Figura 5.11) se encuentra y así de esta forma determinar y seleccionar la distribución que más se ajuste a los datos obtenidos del equipo. Como el valor de $\beta=3,35$ de la prensa, se puede identificar que se encuentra en el sector de obsolescencia o desgaste, por lo que la mejor distribución a utilizar es la de Weibull ya que este método es muy flexible por que cuenta con los parámetros necesarios para ajustar de forma correcta los datos obtenidos.

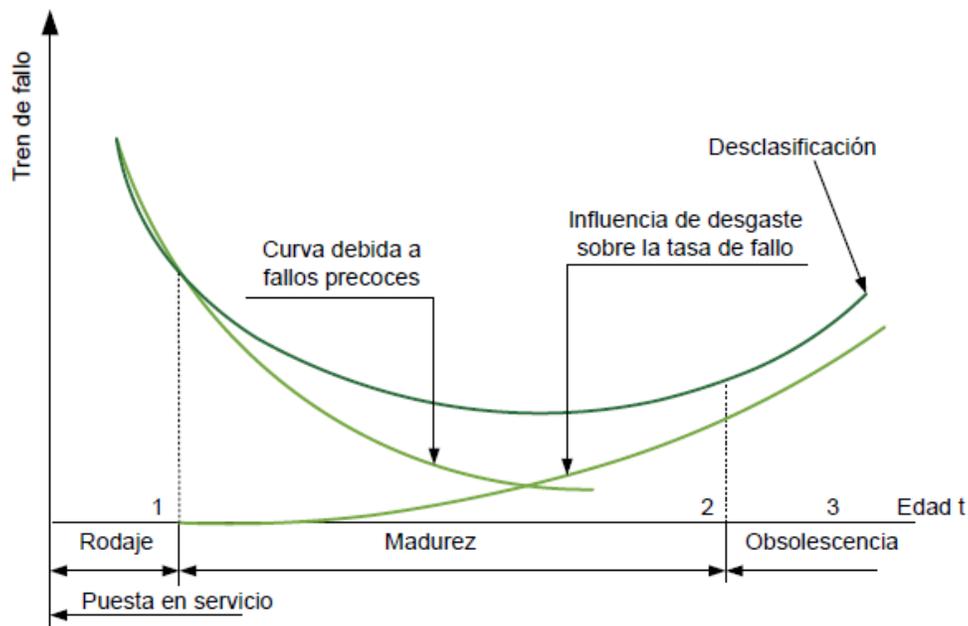


Figura 5.11 Curva de la Bañera

Fuente: SEAS, Estudios Superiores Abiertos

Al definir el método de la distribución de Weibull se procede a verificar si la selección es la adecuada, para esto se utiliza el Test de Kolmogorov- Smirnov (KS) el cual se basa en una comparación de la función de distribución verdadera con la función propuesta y además se utiliza un nivel de confianza de $\alpha=0,05$ esto por la probabilidad de que el modelo seleccionado con anterioridad sea erróneo. De esta forma el Test KS determina el mejor ajuste de los datos en las diferentes distribuciones de probabilidad y las compara entre sí, proporcionando un resultado que genera la aceptación o no de la distribución.

La hipótesis de esta distribución es:	No rechazada
N° de Kolmogorov:	0,1842

Figura 5.12 Test de Kolmogorov Smirnov

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

Al obtener que la distribución no fue rechazada, según la prueba KS, se procede con el análisis para obtener la siguiente curva de confiabilidad y resultados de la prensa

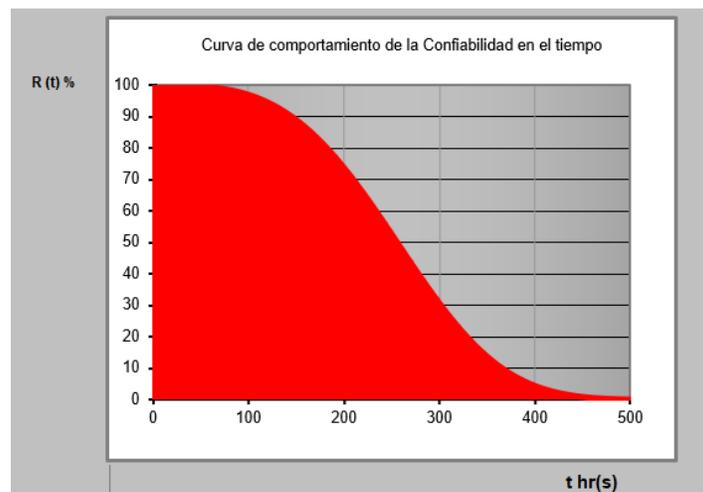


Figura 5.13 Curva de Confiabilidad, Distribución Weibull para la PR-SM

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

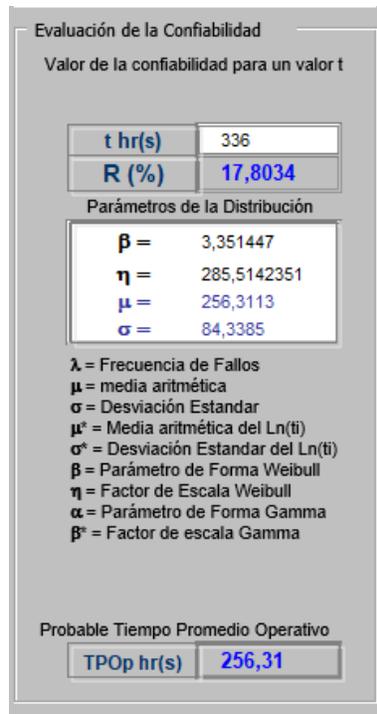


Figura 5.14 Evaluación de Confiabilidad

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

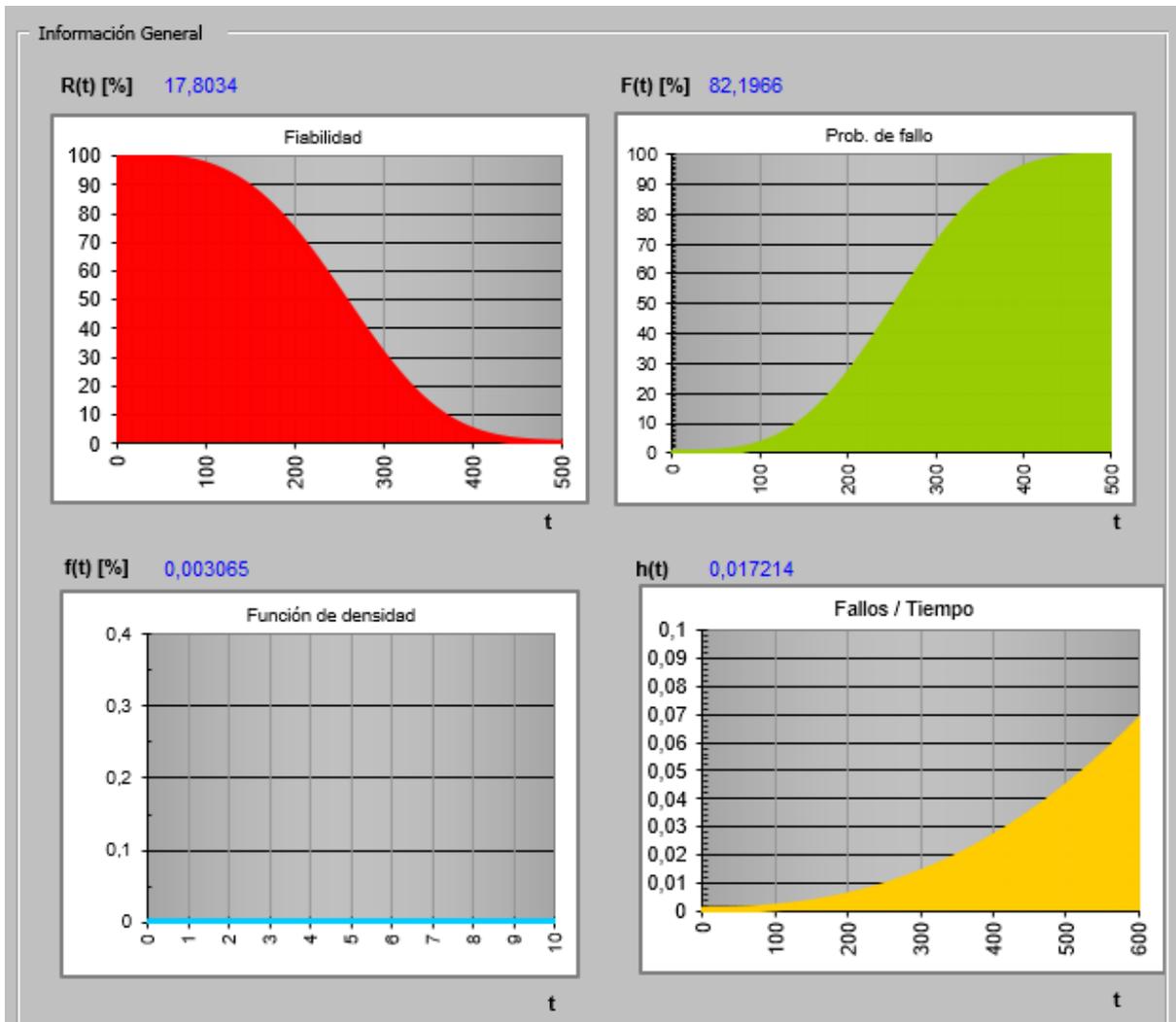


Figura 5.15 Indicadores de confiabilidad de la prensa

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

La Fiabilidad, R(t): el valor obtenido es de 17,8 % luego de un período de análisis de 336 horas determinadas por medio del Jefe de Producción el cual recomendó un análisis por mes para realizar el control y seguimiento de los indicadores de confiabilidad. El valor obtenido de la prensa es bajo dado las circunstancias de desgaste del equipo, por lo que el porcentaje de que el equipo no falle en dicho lapso es de 17,8 %.

Probabilidad de fallo f (t): este valor es bastante alto para la prensa en análisis, el cual evidencia la gran cantidad de fallos en el período de evaluación, es por lo cual que la prensa presenta un 82,1 % de probabilidades de que falle.

Probabilidad de ocurrencia $h(t)$: Para el período de 10 meses de análisis se obtiene un de 0,003065% probabilidad de ocurrencia, este valor es relativamente bajo, pero permite determinar que los fallos seguirán en aumento.

Frecuencia de fallos $h(t)$: el valor obtenido es de 0,017214% determinando la relación de fallos conforme el transcurso del tiempo.

5.6.1.2 Análisis de Disponibilidad PR-SM



Figura 5.16 Disponibilidad de la Prensa

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

De los datos obtenidos se obtiene que la disponibilidad de la prensa es de 75,78% lo cual evidencia que el equipo tiene una operatividad baja y que el equipo no está en funcionamiento, esto se observa en el alto valor del tiempo total fuera de servicio (TTFS) de 813,96 horas el cual la prensa paso detenida por algún fallo inesperado y que el promedio de fuera de servicio es de 81,39 horas durante el período de evaluación.

5.6.1.3 Análisis de Mantenibilidad PR-SM

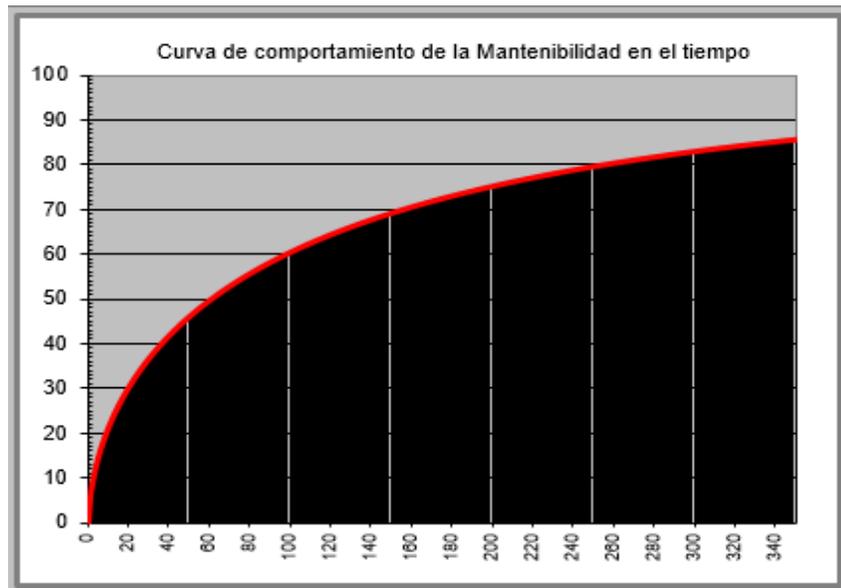


Figura 5.17 Curva de Mantenibilidad de la prensa

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

Evaluación de la Mantenibilidad

Probabilidad de Restaurar el activo en un tiempo t

t mes(es)	50
M (%)	46,03

Parámetros de la Distribución 4

β	= 0,585256
η	= 114,2030593
μ	= 177,631345
σ	= 322,192334

λ = Frecuencia
 μ = media aritmética
 σ = Desviación Estandar
 μ^* = Media aritmética del Ln(ti)
 σ^* = Desviación Estandar del Ln(ti)
 β = Parámetro de Forma Weibull
 η = Factor de Escala Weibull

Probable tiempo promedio para reparar

TPFSp (mes)	177,63
-------------	--------

Figura 5.18 Evaluación de la Mantenibilidad de la Prensa

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

Como se aprecia en los datos anteriores el valor de mantenibilidad de la prensa es de 46,03% el cual es la probabilidad de restaurar el equipo en 50 horas, valor que se pretende obtener con el plan de mantenimiento a realizar. El valor de tiempo probable para reparar es de 177,63 horas, pero se debe al paro tan extenso que se generó en el mes de octubre.

5.6.2 Análisis para la Prensa Offset de 4 Cuerpos (PR-GTO VP)

De igual forma se realiza el análisis para la Prensa PR-GTO VP para determinar los principales indicadores de mantenimiento dentro del período de análisis del 1 de febrero del 2017 al 27 de diciembre del 2017.

Tabla 43 Datos de operación de la Prensa

TO (horas)	TFS (horas)
230,9	105,1
257,47	78,53
312,25	23,75
326	10
328	8
250,69	85,31
278,35	57,65
247,8	88,2
288,36	47,64
266,54	69,46

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

5.6.2.1 Análisis de Confiabilidad PR-GTO VP

El valor obtenido de beta (β) es de 8, al ser este valor mayor de dos se determina que el equipo se encuentra en la parte de desgaste o vejez de la curva de la bañera, lo cual permite la utilización de la distribución Weibull para realizar el análisis. Una vez elegido el método de distribución se realiza la prueba de KS para verificar si Weibull es la mejor opción para los datos en evaluación.

La hipótesis de esta distribución es:	No rechazada
N° de Kolmogorov:	0,1371

Figura 5.19 Test de KS para la prensa

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

Como la distribución no fue rechazada para la distribución Weibull se obtiene los siguientes resultados de confiabilidad para la prensa.

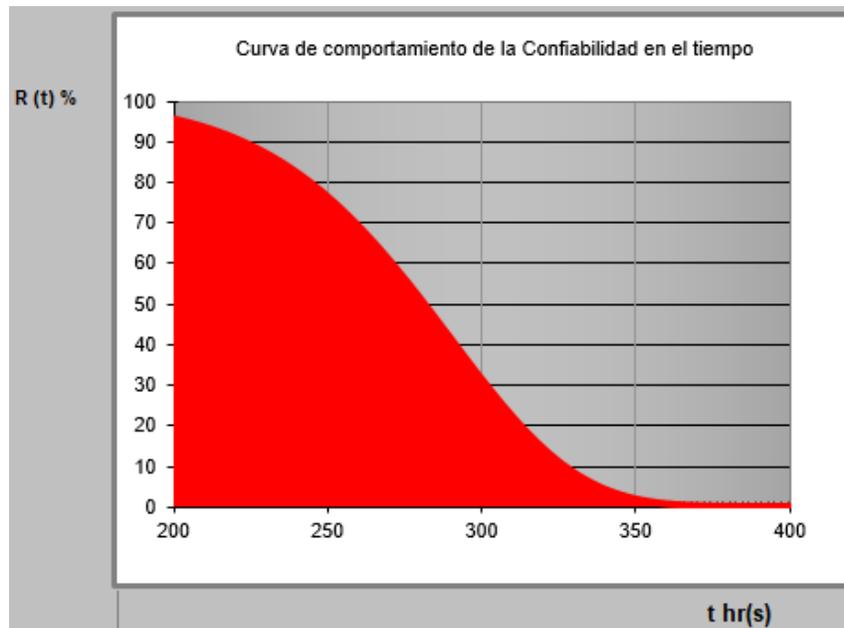


Figura 5.20 Curva de Confiabilidad para la Prensa

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

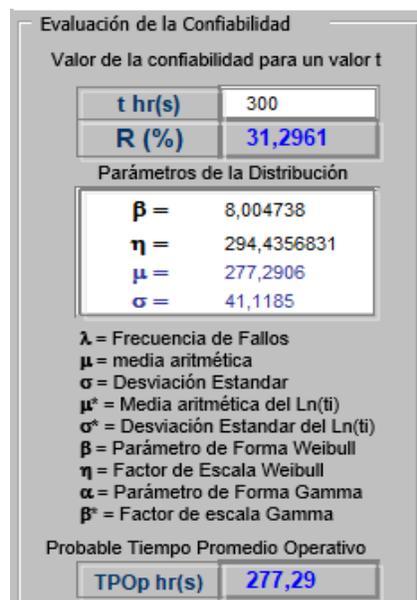


Figura 5.21 Evaluación de Confiabilidad

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

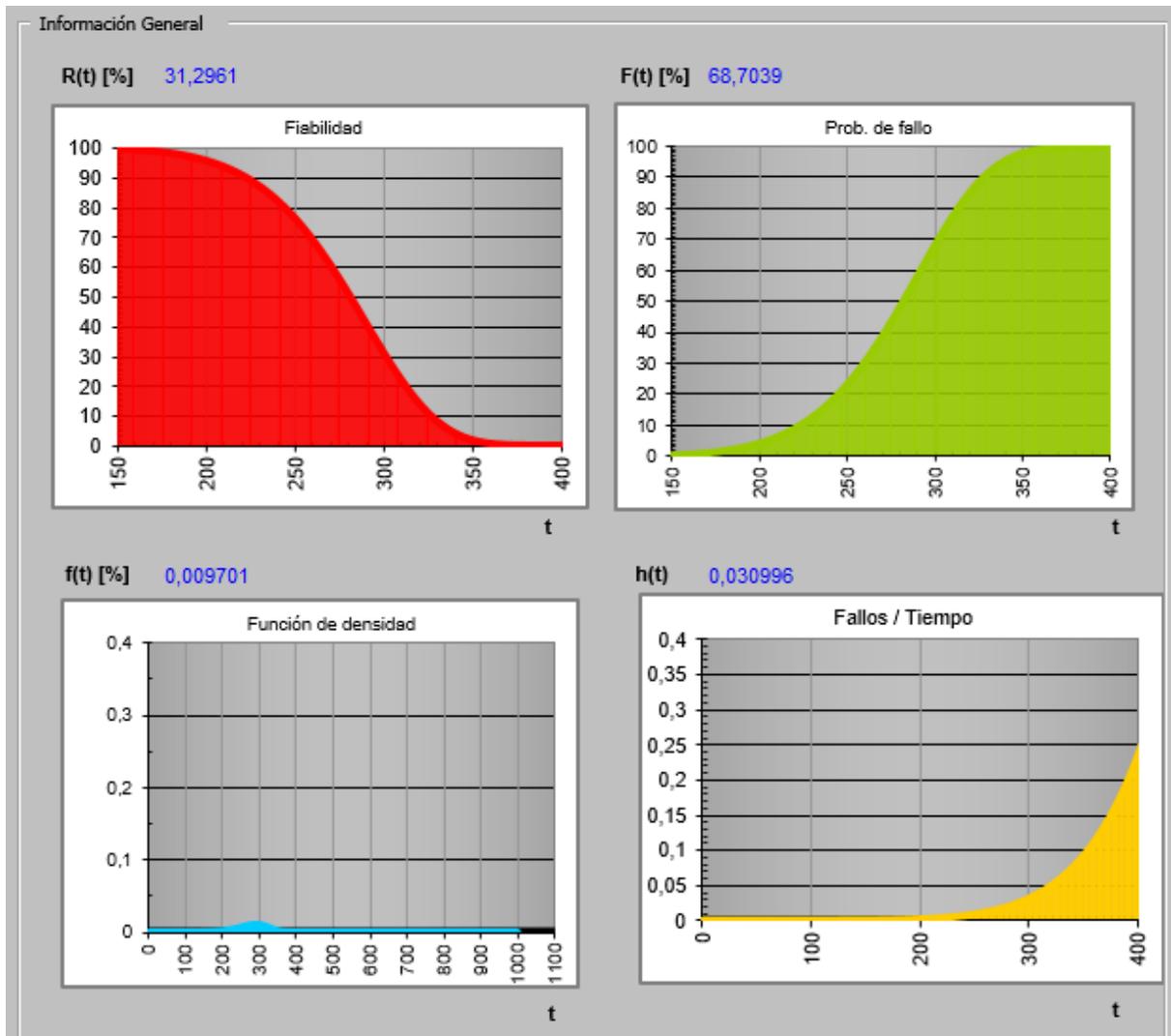


Figura 5.22 Indicadores de Confiabilidad

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

La Fiabilidad, $R(t)$: el valor obtenido es de 31,29 % luego de un período de análisis de 300 horas determinadas por medio del Jefe de Producción el cual recomendó un análisis por mes para realizar el control y seguimiento de los indicadores de confiabilidad. El valor obtenido de la prensa es bajo dado las circunstancias de desgaste del equipo y los años de operación del equipo.

Probabilidad de fallo $F(t)$: El valor es de 68,7 menor que el de la prensa anterior, pero este valor revela una probabilidad de fallo alta por lo que se debe de fortalecer el mantenimiento que se pretende ejecutar.

Probabilidad de ocurrencia $f(t)$: Para el periodo de análisis se obtiene un de 0,009701% probabilidad de ocurrencia, este valor es relativamente bajo, pero permite determinar que los fallos seguirán aconteciendo.

Frecuencia de fallos $h(t)$: el valor obtenido es de 0,03099% determinando la relación de fallos conforme el transcurso del tiempo.

5.6.2.2 *Análisis de Disponibilidad PR-GTO VP*

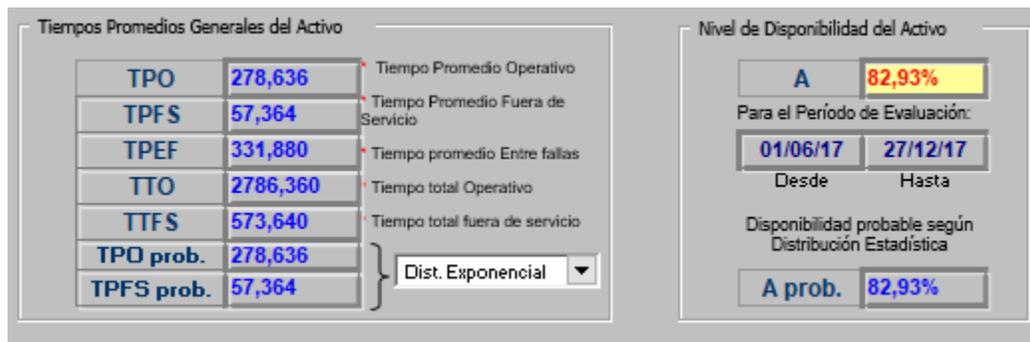


Figura 5.23 Disponibilidad de la prensa en análisis

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

La prensa presenta una disponibilidad del 82,93% en un tiempo promedio operativo al mes de 278,6 horas, con un tiempo muerto de 573,64 horas durante el período de evaluación, esto generado por los fallos del equipo los cuales se calculó un tiempo promedio fuera de servicio de 57,36 horas. A pesar de que el valor de disponibilidad es mayor se debe tener cuenta la mejora y reducir el TTFS el cual es alto para el período de análisis.

5.6.2.3 Análisis de Mantenibilidad PR-GTO VP

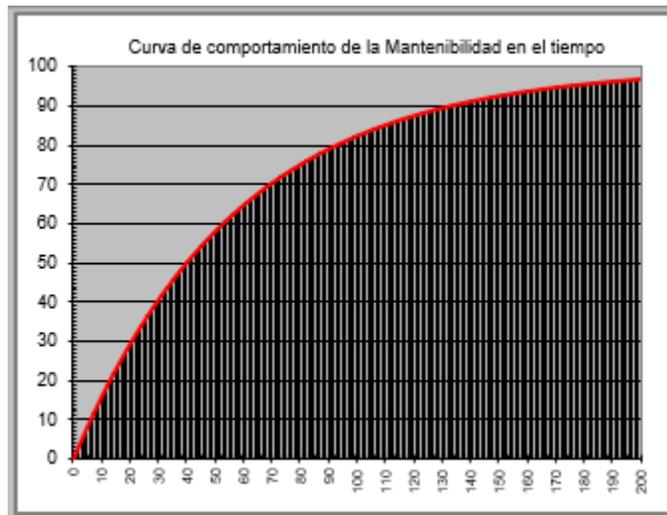


Figura 5.24 Curva de Mantenibilidad de la prensa

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

Evaluación de la Mantenibilidad

Probabilidad de Restaurar el activo en un tiempo t

t hr(s)	40
M (%)	50,21

Parámetros de la Distribución 4

λ =	0,017433
μ =	57,364000
σ =	34,172062

λ = Frecuencia
 μ = media aritmética
 σ = Desviación Estandar
 μ^* = Media aritmética del $\ln(t)$
 σ^* = Desviación Estandar del $\ln(t)$
 β = Parámetro de Forma Weibull
 η = Factor de Escala Weibull

Probable tiempo promedio para reparar

TPFSp hr(s)	57,36
-------------	-------

Figura 5.25 Evaluación de la Mantenibilidad

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

Como se aprecia en los datos anteriores el valor de mantenibilidad de la prensa es de 50,21% el cual es la probabilidad de restaurar el equipo en 40 horas, valor que se pretende obtener con el plan de mantenimiento a realizar. El valor de tiempo probable para reparar es de 57,36 horas, producto de la cantidad de paros del equipo.

5.6.3 Análisis para la Prensa Offset Barnizadora (PR-SR)

Por último, se realiza el mismo análisis de indicadores a la prensa barnizadora que presenta los siguientes datos de operación y tiempo de reparación o fuera de servicio.

Tabla 44 Datos de operación de la prensa

TO Hr(s)	TFS Hr(s)
333,17	2,83
330,33	5,67
320,17	15,83
323,34	12,66
335	1
334	2
332,5	3,50
261,62	74,38
295,01	40,99
247,72	88,28

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

5.6.3.1 Análisis de Confiabilidad PR-SR

Se determina un valor de beta de 8,28 el cual según la curva de la bañera se encuentra en el sector de vejez o desgaste, la distribución que más se ajusta para estos valores es la de Weibull, por lo cual se utiliza este método y se verifica por medio del Test de KS.

La hipótesis de esta distribución es:	No rechazada
Nº de Kolmogorov:	0,3104

Figura 5.26 Test de KS para la prensa

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

Al tener definido la distribución se realiza el análisis de confiabilidad y se obtiene los siguientes resultados:

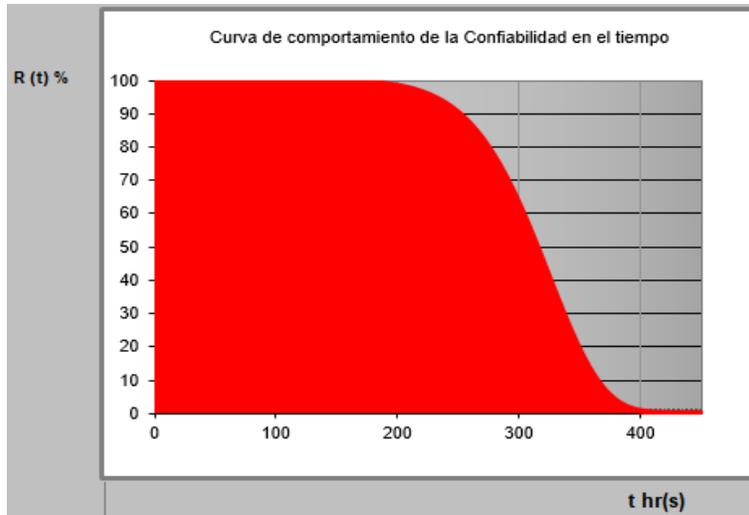


Figura 5.27 Curva de confiabilidad

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

Evaluación de la Confiabilidad

Valor de la confiabilidad para un valor t

t hr(s)	336
R (%)	30,1488

Parámetros de la Distribución

β =	8,286467
η =	328,720151
μ =	310,0940
σ =	44,5189

λ = Frecuencia de Fallos
 μ = media aritmética
 σ = Desviación Estandar
 μ^* = Media aritmética del Ln(ti)
 σ^* = Desviación Estandar del Ln(ti)
 β = Parámetro de Forma Weibull
 η = Factor de Escala Weibull
 α = Parámetro de Forma Gamma
 β^* = Factor de escala Gamma

Probable Tiempo Promedio Operativo

TPOp hr(s)	310,09
------------	--------

Figura 5.28 Evaluación de la Confiabilidad

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

5.6.3.2 Análisis de Disponibilidad PR-SR



Figura 5.29 Disponibilidad de la Prensa

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

La prensa presenta una disponibilidad del 92,64% en un tiempo promedio operativo al mes de 311,28 horas, con un tiempo muerto de 247,14 horas durante el período de evaluación, esto generado por los fallos del equipo los cuales se calculó un tiempo promedio fuera de servicio de 24,7 horas. Este equipo presenta una mayor disponibilidad durante el período de análisis, pero también presenta un tiempo alto de TTFS el cual se puede reducir al realizar el mantenimiento adecuado para el equipo.

5.6.3.3 Análisis de Mantenibilidad PR-SR

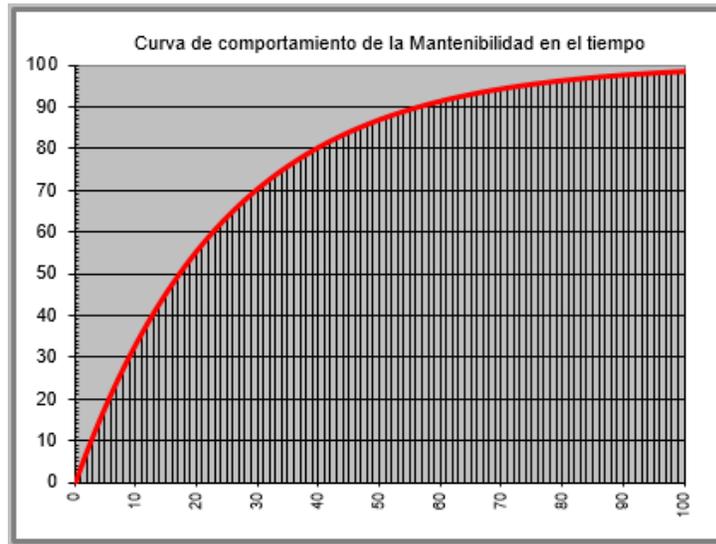


Figura 5.30 Curva de Mantenibilidad de la Prensa

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

Evaluación de la Mantenibilidad

Probabilidad de Restaurar el activo en un tiempo t

t hr(s)	16
M (%)	47,66

Parámetros de la Distribución 4

λ =	0,040463
μ =	24,714000
σ =	32,260015

λ = Frecuencia
 μ = media aritmética
 σ = Desviación Estandar
 μ^* = Media aritmética del Ln(ti)
 σ^* = Desviación Estandar del Ln(ti)
 β = Parámetro de Forma Weibull
 η = Factor de Escala Weibull

Probable tiempo promedio para reparar

TPF Sp hr(s)	24,71
--------------	-------

Figura 5.31 Evaluación de Mantenibilidad

Fuente: Gerencia Estratégica de Mantenimiento, Ing. Daniel Sanahuja (Excel 2016)

5.6.4 Programación del mantenimiento obtenido del RCM

Con base en los resultados obtenidos del análisis probabilístico del RAM se define las frecuencias de ejecución del plan de mantenimiento preventivo, esto con el propósito de aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos críticos de la empresa. En forma de resumen se muestra en la siguiente tabla los indicadores de cada uno de los equipos.

Tabla 45 Comparación de indicadores de los equipos

Datos	PR - SM	PR - GTO	PR-SR
Fecha Inicial	1/2/2017	1/2/2017	1/2/2017
Fecha Final	27/12/2017	27/12/2017	27/12/2017
Periodo de evaluación	10 meses	10 meses	10 meses
TTO hr (s)	2546,04	2786,36	3112,86
Momento de análisis	336	300	336
Valor de β	3,35	8	8,28
Distribución utilizada	Weibull	Weibull	Weibull
Confiabilidad, R (t)	17,80%	31,29%	30,14%
Frecuencia de fallos (λ), h (t)	0,017214	0,003589	0,02957
TPO hr (s)	254,604	278,64	311,29
Probabilidad de fallo, F (t)	82,19%	70,05%	69,85%
Probabilidad de ocurrencia, f (t)	0,00042%	0,00108%	0,008915%
Disponibilidad, A: Periodo	75,78%	82,93%	92,64%
Disponibilidad, A: Dist. Estadística	66,38%	82,93%	83,84%
MTTR (TPFS) hr (s)	81,396	57,364	24,714
MTBF (TPEF) hr (s)	312,36	331,88	325,2
TTFS hr (s)	813,96	573,64	247,14
Tiempo t de restauración	50	40	16
Mantenibilidad, M (%)	46,30%	43,05%	51,37%
MTTR (TPFS) hr (s)	177,63	71,81	59,75
Mantenibilidad, M (%) Exponencial	45,90%	50,21%	47,66%
MTTR (TPFS) hr (s), Exponencial	81,4	57,36	24,71
N° de Kolmogorov	0,18	0,1371	0,3104
Estado Selección de Distribución	No rechazado	No Rechazado	No Rechazada

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

La empresa busca una mejora para los equipos críticos, es por eso que se establece en concordancia de la Dirección Ejecutiva apostar como meta general a un mantenimiento de clase mundial y obtener una confiabilidad del 80% en los activos. Por esta razón principal se planifica las actividades de mantenimiento con las siguientes frecuencias según respectivamente para cada una de las prensas.

Tabla 46 Frecuencias Definidas para el PMP

Datos	PR - SM	PR - GTO	PR-SR
Mantenimiento (Horas) con $R(t) = 80\%$	185,00	245,00	275,00
Confiabilidad Por Obtener	79,17%	79,40%	79,6%

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Conforme a los datos de horas requeridas en la tabla anterior se establece la frecuencia de las actividades de mantenimiento preventivo para los equipos críticos, además se puede se definió valores menores que el tiempo promedio operativo de los activos y así de esta forma conservar estos valores y con el pasar del tiempo incrementarlos con base en la ejecución del mantenimiento.

5.7 Fase 6: Evaluación y control de la ejecución del mantenimiento

Para la elaboración de esta fase se tomará en cuenta varios medios para realizar el control y evaluación del mantenimiento, entre las cuales están las siguientes:

5.7.1 Sistema de indicadores (Balance Score Card)

La evaluación y control del mantenimiento será efectuada por medio del Balance Score Card el cual permitirá determinar la eficiencia de los diferentes procesos, evaluar el mantenimiento, analizar los costos asociados al mantenimiento como operativos y de los demás departamentos. De esta forma conocer el estado real de los diferentes procesos y mantener el control y seguimiento de la ejecución.

Para la selección y formación de los indicadores se utilizará la norma VDI – 2893 ya que define una guía de instrucciones para la formación de los indicadores, el control y análisis del mantenimiento de la compañía, por lo tanto, el desarrollo de este apartado se basa en el siguiente proceso definido por la norma.

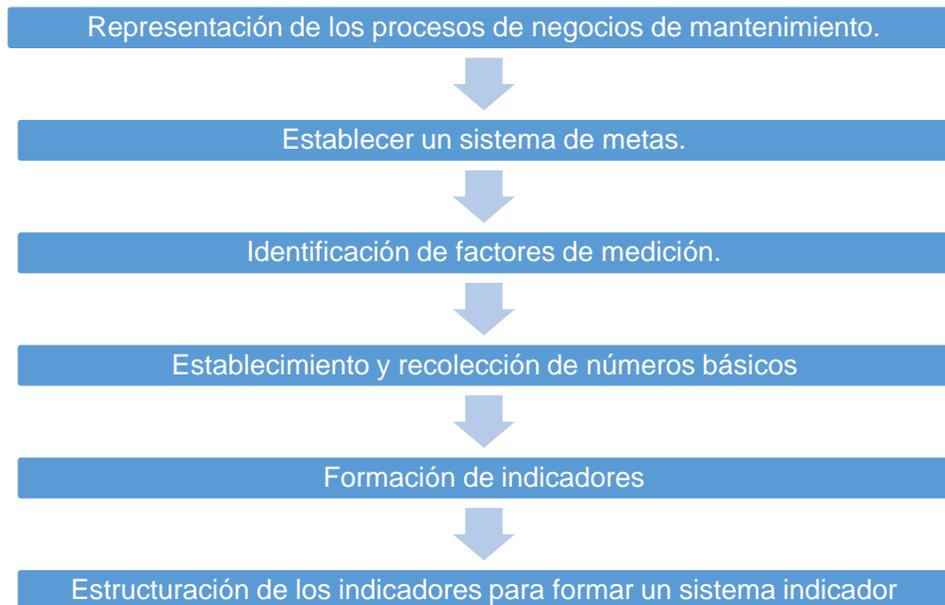


Figura 5.32 Proceso para el desarrollo del sistema de indicadores

Fuente: Norma VDI – 2893

5.7.1.1 Etapa 1: Representación de los procesos de negocios de mantenimiento.

En esta etapa se establece los procesos de negocios y formas para definir los indicadores según los objetivos establecidos para el mantenimiento, además de las relaciones directas que tiene el departamento de mantenimiento con los demás departamentos de la jerarquía de la empresa, a continuación, se muestra una representación gráfica de las relaciones del departamento.



Figura 5.33 Relaciones del departamento de mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

5.7.1.2 Etapa 2: Establecer un sistema de metas

Como metas para el sistema de indicadores se utilizará como base los objetivos del departamento de mantenimiento definidos previamente en el apartado 5.2.1 del presente proyecto. Además, se consideró el conocimiento de los encargados de los departamentos para definir los intervalos respectivos para los indicadores.

5.7.1.3 Etapa 3: Identificación de factores de medición

Se establece factores medibles que tiene influencia sobre los objetivos del departamento los cuales permitirán ajustarse para mantener el cumplimiento de las metas. Entre los valores o aspectos se destacan los siguientes para la empresa:

- Incorrecta utilización de la documentación para la adquisición de datos de mantenimiento.
- No hay repuestos necesarios en la bodega.
- Estimaciones incorrectas del costo del departamento.
- Recolección de los números básicos.

5.7.1.4 Etapa 4: Establecimiento y recolección de números básicos

Se definen el conjunto de números básicos que al agruparlos con otras operaciones forman los indicadores reales los cuales se recolecta los datos necesarios para la medición de estos. Entre estos se ejemplifica los datos como la duración de la ejecución del mantenimiento y el tiempo que el equipo se mantiene en reparación.

5.7.1.5 Etapa 5: Formación de indicadores

Los indicadores se formaron por medio de las relaciones de los números básicos definidos y los cuales se recopilan para la medición de los indicadores. Esta información permitirá a la empresa generar un valor agregado ya que se podrá determinar metas que generen beneficios a la compañía. La norma establece los indicadores recomendados para el mantenimiento de los cuales se analizan para utilizar los que más se ajusten a la empresa y los cuáles sean de fácil recopilación y entendimiento para el Coordinador de Mantenimiento.

5.7.1.6 Etapa 6: Estructuración de los indicadores para formar un sistema indicador

Para la estructura del sistema de indicadores, la normativa recomienda la elaboración de un Balance ScoreCard (BSC) el cual se divide en cuatro perspectivas en las que cada una presenta sus propios indicadores. La norma plantea la siguiente lista que especifica los indicadores recomendados para las diferentes perspectivas

Perspectiva de costos		Perspectiva del Cliente	
5	Razón de costos de mantenimiento	27	Tasa de descomposición técnica
12	Razón de materiales	74	Tasa de faltas
14	Proporción de mantenimiento de externalización.	77	Tiempo de respuesta
15	Proporción de costo de personal de mantenimiento	76	Tiempo de procesamiento
42	Grado de planeación	56	Razón de enfermedades
54	Proporción de tiempos extra	75	Seguridad en el trabajo
73	Atrasos en el trabajo	82	Precio por hora
78	Cumplimiento de plazos	32	Relación de calidad
Perspectiva del Proceso		Perspectiva del Personal	

Figura 5.34 Indicadores recomendados por la norma VDI – 2893

Fuente: Norma VDI – 2893

Como Litografía Moravia S.A., es una empresa mediana y en ningún momento ha utilizado la medición y control por medio de indicadores; se establece la siguiente tabla con indicadores que se ajusten más a la actualidad de la compañía y le permita realizar el control del mantenimiento.

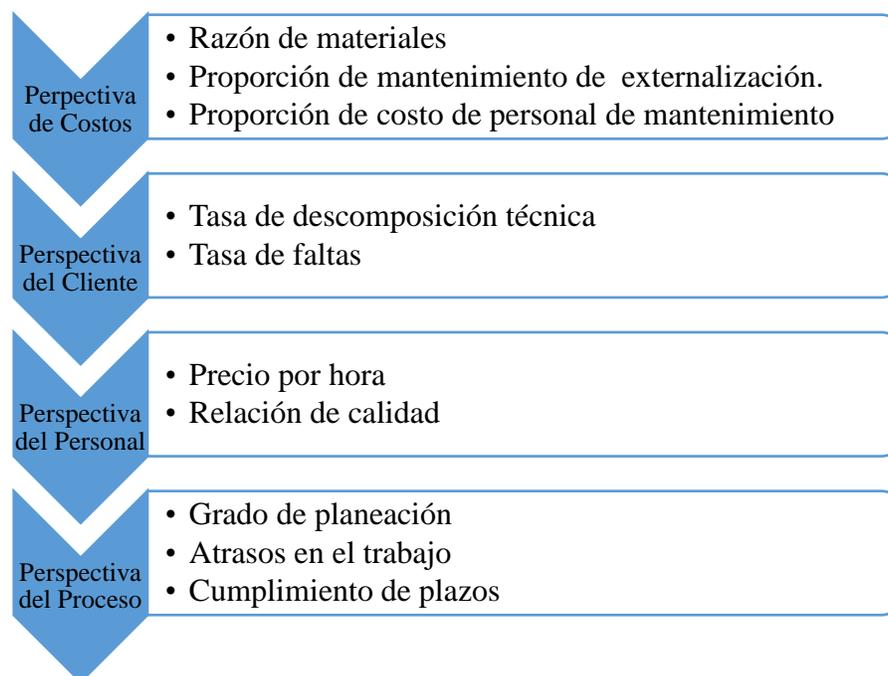


Figura 5.35 Propuesta de Indicadores para Litografía Moravia S.A.

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

En el Anexo 11 se muestra el Balance ScoreCard propuesto para la empresa, el cual considera como cliente al departamento de producción y las metas se definieron en una reunión con todos los integrantes de la Dirección Ejecutiva de la empresa para llegar al debido consenso de los objetivos de la empresa, de esta forma se definió las metas, las cuales son preliminares y se considera revisarlas para variarlas según los resultados obtenidos en el tiempo.

5.7.2 Formularios de inspección de mantenimiento

En base al plan de mantenimiento elaborada por medio del RCM se establecen las rutinas y la frecuencia de ejecución propuesta, por medio de estas se elaboran los formularios de inspecciones donde se verifica la realización y control de parámetros según corresponda a las rutinas planteadas.

Como el proyecto es un plan piloto, las rutinas de inspección son para realizar la detección de posibles fallos o errores a tiempo y así de esta forma corregirlos en el momento más adecuado según la criticidad de los hallazgos en la inspección.

Las frecuencias establecidas para las inspecciones pueden variar con el tiempo debido que la propuesta del plan ira cambiando y ajustándose a la empresa y generar el mayor beneficio a esta. En el Anexo 12 se encuentran los formularios para las inspecciones.

5.8 Fase 7: Análisis del Coste de Ciclo de Vida (ACCV) y la posible renovación de los equipos

Esta fase permite el desarrollo del método de costo total anualizado (CTA) de los equipos nuevos de adquisición y así determinar decisiones sobre la desincorporación del activo para la renovación de los equipos. Dentro del cálculo de CTA se evalúan los siguientes aspectos: datos de costo del activo, datos de fiabilidad y costos de operación anuales.

Para el cálculo del método de costo total anualizado para el ACCV se utiliza la siguiente ecuación:

$$CTA = CI + CO + CMP + CTPF + CMM$$

De la ecuación anterior se detalla la terminología de cada una de las variables:

CTA= Costo total anualizada (\$/año) – costo total esperado a lo largo del ciclo de vida.

CI= Costo de adquisición e instalación, en valor anual.

CO= Costos operacionales, en valor anual.

CMP= Costos de mantenimiento preventivo, en valor anual.

CTPF= Costo total de fiabilidad, en valor anual (Este cálculo se asume a tasa de fallos constante, por lo cual el impacto es el mismo en los años de vida útil).

CMM= Costos de mayor mantenimiento, en valor anual.

Esta estimación de CTA se definirá para dos equipos cotizados al fabricante Sommerus que es el principal distribuidor en Costa Rica, en la siguiente tabla se describe los activos considerados para realizar la renovación de la Prensa de 5 Cuerpos.

Tabla 47 Equipos considerados para la renovación

Item	Equipo	Marca	Nombre	Estado	Precio	Descripción	Fabricante
A	Prensa Offset 5 Cuerpos	HEIDELBERG	<i>SPEEDMASTER CD 74 - 5 + L (X2) C</i>	Usado	€ 450 000,00	FORMATO 53 X 74 cm	Sommerus
B	Prensa Offset 5 Cuerpos	HEIDELBERG	<i>SPEEDMASTER CD 102-4</i>	Nuevo	€ 950 000,00	FORMATO 50 X 70 cm	Sommerus

Fuente: Litografía Moravia S.A. (Excel 2016)

El análisis de renovación se estableció para la Prensa de 5 cuerpos por el motivo de que es el equipo principal de la empresa y que genera más del 80% de la impresión de pliegos, además se consideró los indicadores calculados de la fase 5, en la que se determinó que el equipo con menor confiabilidad y disponibilidad es el activo PR-SM. También los tiempos por fallas son los más elevados con 813,19 horas en un periodo de 10 meses de análisis, lo que permite concluir que el equipo se encuentra en un estado desgaste y vejez por lo que se debe realizar una pronta renovación.

5.8.1 Estimación del costo total anualizado (CTA) para el equipo A

Para los costos de operación se consideraron el tiempo de operación en valor anual, el consumo eléctrico por parte del motor principal se debe aclarar que este valor puede variar ya que no se incluyeron los pequeños motores que activan equipos auxiliares. Además, se determinó el consumo mensual de los diferentes químicos y tintas utilizadas en la prensa, en la siguiente tabla se resume el consumo de insumos de enero, febrero y marzo.

Tabla 48 Consumo mensual de tintas de la prensa.

Mes	Amarillo (Kg)	Magenta (Kg)	Cyan (Kg)	Negro (Kg)	Total (€)
Precio	€ 5 869,40	€5 206,16	€6 562,35	€4 725,30	
Enero	20	12,5	12,5	15	353 373,88
Febrero	7,5	10	7,5	2,5	157 112,98
Marzo	2,5	0	2,5	0	31 079,98
Promedio	10,0	7,5	7,5	5,8	174 522,08

Fuente: Litografía Moravia S.A. (Excel 2016)

Tabla 49 Consumo mensual de químicos de la prensa.

Mes	ODP Full color	ODP Pantones	Alcohol (Galones)	Limp Rodillos (Galones)	Thinner (Galones)	Trapos	Mantillas (Galones)	Barniz (Galones)	Guantes	Polvo (Kg)	Solución (Galones)	Limp. de planchas (Galones)	Tesamol (Galones)	Total
Precio			€3 090,90	€5 732,10	€2 727,28	€ 950,00	€43 352,44	€429 997,20	€1 027,58	€61 870,22	€38 088,54	€4 758,30	€7 184,14	
Enero	45	37	21	10	24	23	10	1	5	1	0	1	1	€1152006,78
Febrero	55	42	20	15	24	22	5	1	3	0	1	1	1	€934027,34
Marzo	45	31	15	10	21	19	13	0	6	1	1	1	0	€853471,64
Promedio	48,3	36,7	18,7	11,7	23,0	21,3	9,3	0,7	4,7	0,7	0,7	1,0	0,7	€979835,25

Fuente: Litografía Moravia S.A. (Excel 2016)

Tabla 50 Costo de insumos anualmente

Insumo	Precio Mensual Promedio (€)	Precio Anual Promedio (€)
Químicos	174 522,08	2 094 264,96
Tintas	979 835,25	11 758 023
Total	1 154 357,33	13 852 287,96

Fuente: Litografía Moravia S.A. (Excel 2016)

Por medio de las tablas anteriores se determina el consumo promedio por mes de la empresa y así se determina el costo anualmente de los insumos de la prensa, estos valores varían dependiendo de la producción, por lo que el valor promedio estimado puede variar por mes.

Tabla 51 Costos Operacional Anual de la Prensa

Costos de operación anuales * Tasa de Cambio \$560	\$ 30 260,07
Horas operativas anuales (16 horas diarias x 252 días)	4032
Costo kW (Motor eléctrico)	\$0,33
Consumo eléctrico kWh (Motor Principal 9 KW)	1,12
Consumo de Químicos	\$ 20 996,47
Consumo de Tintas	\$ 3 739,76

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Tabla 52 Cálculo del CTA para la Prensa A

<i>Activo a evaluar:</i>	
PRENSA	A
Datos de costes:	
•Vida útil: 20 años	20
•CI: 450 000 € / vida útil 20 años * Tipo de Cambio \$ 1,1936	\$ 26 856,00
•CO: año	\$30 260,07
•CMP:año	\$2 122,75
•CMM: 88153,44 \$/cada 10 años	\$ 8 815,34
<i>Datos de Fiabilidad: (CPTF)</i>	
•Frecuencia fallos: 80 evento/año	80
•Costes Mano obra: €/evento	\$ 12 607,26
•Costes Materiales: €/evento	\$ 1 785,71
Costos Anuales por reparaciones	\$ 14 392,98
•Tiempo fuera de servicio: anual	50
•Impacto producción: \$385/hora	\$385,00
Costos Anuales por penalización	\$ 19 250,00
Penalización anual por fallos	19250
Costo total por fiabilidad	\$ 33 642,98
<i>Resultados del Costo Total Anualizado (CTA)</i>	
Costo total anualizado (CTA)	\$ 101 697,14
% de los Costos por indisponibilidad	33%
% de los Costos de Operación	29,8%

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

El costo total anualizado en la Prensa A es de \$101 697,14 en una vida útil de 20 años, el porcentaje de costos de indisponibilidad es de 33% los cual se reflejan en un costo de \$33 642,98 valor que simboliza la cantidad de dinero para solventar los costos anuales estimados por los fallos durante la vida útil establecida, esta cantidad permite visualizar la gran inversión que se requiere sólo para reparación de las fallas inesperadas. Los costos de operación son del 31,3% del CTA el cual asciende a \$30 260,07. Este valor de CTA puede mejorar si se ejecuta el plan de mantenimiento establecido en el proyecto.

5.8.2 Estimación del costo total anualizado (CTA) para el equipo B

Para el cálculo del CTA de la prensa nueva se utiliza el mismo valor del costo operacional, porque la producción no varía ya que depende de los clientes que tiene actualmente la empresa. Este valor se puede variar por la eficiencia del equipo que no va consumir la misma cantidad de un equipo usado, pero se valora la utilización del valor CO para determinar el CTA de la prensa.

Como se puede observar en la

Tabla 53 el valor del CTA es de \$ 113 411,68 el cual corresponde al costo total esperado a lo largo de la vida útil del equipo. El costo total por fiabilidad es de \$ 15 517,52 los cuales son el 14% del CTA del equipo, en este punto es importante aclarar que un equipo no presenta una gran cantidad fallas al inicio de operaciones, pero se consulta al fabricante para determinar una cantidad de fallas que se generen de forma constante. Según el fabricante el equipo tendría una probabilidad de fallas entre 35 y 50 sino se ejecuta el mantenimiento adecuado, por eso para el cálculo del CTPF se utiliza el caso más grave que se genere en el equipo, que son de 50 fallas al año.

Los costos de operación se calculan un 26,7% sobre el CTA del activo el cual corresponde a \$30 260,07 el cual como se mencionó con anterioridad puede variar según la eficiencia del equipo y producción necesaria para cumplir con los clientes.

Tabla 53 Calculo del CTA del equipo B

Activo a evaluar:	
PRENSA	B
Datos de costes:	
•Vida útil: 20 años	20
•CI: 950 000 € / vida útil 20 años	\$ 56 696,00
•CO: año	\$30 260,07
•CMP: año	\$2 122,75
•CMM: 88153,44 \$/cada 10 años	\$ 8 815,34
Datos de Fiabilidad: (CPTF)	
•Frecuencia fallos: 50 evento/año	50
•Costes Mano obra: €/evento	\$ 3 074,66
•Costes Materiales: €/evento	\$ 892,86
Costos Anuales por reparaciones	\$ 3 967,52
•Tiempo fuera de servicio: anual	30
•Impacto producción: \$385/hora	\$385,00
Costos Anuales por penalización	\$ 11 550,00
Penalización anual por fallos	11550
Costo total por fiabilidad	\$ 15 517,52
Resultados del Costo Total Anualizado (CTA)	
Costo total anualizado (CTA)	\$ 113 411,68
% de los Costos por indisponibilidad	14%
% de los Costos de Operación	26,7%

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

5.8.3 Análisis para la renovación del equipo

Esta fase contempla la posible renovación del equipo por lo que para esta decisión se considera el método del CTA como insumo técnico - financiero para determinar cuál de las dos opciones es la mejor para la empresa. De esta forma este análisis permitirá los siguientes aspectos:

1. Evaluación y comparación de dos equipos que reemplacen el activo actual.
2. Herramienta que permita determinar la viabilidad económica para la renovación.
3. Evaluar las estrategias de operación y mantenimiento de los equipos.
4. Optimización de la correcta asignación de los recursos necesarios para las mejoras de los equipos.
5. Planificar de forma financieramente la adquisición de los equipos.

En la siguiente tabla se muestra la comparativa de los valores del CTA de los dos equipos evaluados para la renovación.

Tabla 54 Comparativa de los equipos para la renovación

<i>Activo a evaluar:</i>		
PRENSA	A	B
Datos de costes:		
•Vida útil: 20 años	20	20
•CI: 450 000 € - 950 000 € * Tipo de Cambio \$ 1,1936	\$ 26 856,00	\$ 56 696,00
•CO: año	\$30 260,07	\$30 260,07
•CMP: año	\$2 122,75	\$2 122,75
•CMM: 88153,44 \$/cada 10 años	\$ 8 815,34	\$ 8 815,34
<i>Datos de Fiabilidad: (CTPF)</i>		
•Frecuencia fallos: evento/año	80	50
•Costes Mano obra: €/evento	\$ 12 607,26	\$ 3 074,66
•Costes Materiales: €/evento	\$ 1 785,71	\$ 892,86
Costos Anuales por reparaciones	\$ 14 392,98	\$ 3 967,52
•Tiempo fuera de servicio: anual	50	30
•Impacto producción: \$385/hora	\$385,00	\$385,00
Costos Anuales por penalización	\$ 19 250,00	\$ 11 550,00
Penalización anual por fallos	19250	11550
Costo total por fiabilidad	\$ 33 642,98	\$ 15 517,52
<i>Resultados del Costo Total Anualizado (CTA)</i>		
Costo total anualizado (CTA)	\$ 101 697,14	\$ 113 411,68
% de los Costos por indisponibilidad	33%	14%
% de los Costos de Operación	29,8%	26,7%
Costos de operación anuales * Tasa de Cambio \$560	\$ 30 260,07	\$ 30 260,07
Horas operativas anuales (16 horas diarias x 252 días)	4032	4032
Costo kW (Motor eléctrico)	\$0,33	\$0,33
Consumo eléctrico kWh (Motor Principal 9 KW)	1,12	1,12
Consumo de Químicos	\$ 20 996,47	\$ 20 996,47
Consumo de Tintas	\$ 3 739,76	\$ 3 739,76

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Según la tabla anterior se obtiene una diferencia de \$ 11 714,54 entre los dos equipos, pero se considera que el equipo B se debe de invertir casi el doble para realizar la adquisición e instalación, además se obtiene una diferencia entre los valores de CTPF con una diferencia de \$18 125,46 del equipo B.

Por lo tanto, se concluye que la mejor opción es la prensa A el cual es el equipo usado, esta decisión se realizó con base en que el equipo tiene CI menor en comparación con la prensa B el cual es de importancia y se debe considerar al definir la propuesta esto por el estado actual de la empresa y además el CTPF puede reducirse con el adecuado cumplimiento del plan del mantenimiento.

5.9 Fase 8: Implantación del proceso de mejora continua y adopción de nuevas tecnologías

Como propuesta de mejora continua se recomienda que después de la implementación del Modelo de Gestión de Mantenimiento se complemente con la incursión de la estrategia del Mantenimiento Total Productivo (TPM), ya que ambos sistemas son complementarios. Con la implementación del RCM se pretende impulsar el mantenimiento definiendo las rutinas a ejecutar de los equipos, después las tareas serán transferidas a producción para mejorar el mantenimiento autónomo como uno de los pilares de la implantación del TPM.

Con este método se pretende mejorar los costos del proceso de impresión, mediante la ejecución de conceptos como: prevención, cero accidentes, cero defectos e involucra una participación total del personal del proceso.

Por lo tanto, se recomienda como siguiente paso la implantación de un sistema TPM, esto considerando un tiempo de entre uno a tres años para la correcta implementación del Modelo de Gestión de Mantenimiento propuesto, de esta forma se establecerán las bases necesarias para realizar una adecuada mejora continua.

Como segunda opción se elaboran las One Point Lessons (OPL) o Lección de un Punto (LUP) las cuales facilitan la transferencia y aprendizaje de conocimientos, por lo que es un aspecto fundamental para la implantación de la mejora continua, esto es de importancia y se requiere alto compromiso por parte de la Dirección Ejecutiva permitiendo que se vinculen al personal de la empresa en los ciclos de mejora. Estas se encuentran en el Anexo 15 y se realizaron para permitir transferir el conocimiento del funcionamiento de las prensas.

5.10 Esquema Grafico del Modelo de Gestión de Mantenimiento

Como visualización gráfica se diseña el siguiente esquema del Nuevo Modelo de Gestión de Mantenimiento identificando cuatro aspectos importantes que son eficiencia, eficacia, evaluación y la mejora continua. Estos se dividen en 8 fases o pilares los cuales caracterizan acciones o estrategias a emplear en los diferentes procesos del MGM.

Se diseña de forma dinámica y en bucle cerrado para identificar la secuencia de acciones a realizar en el proceso de gestión para caracterizar los aspectos antes mencionados

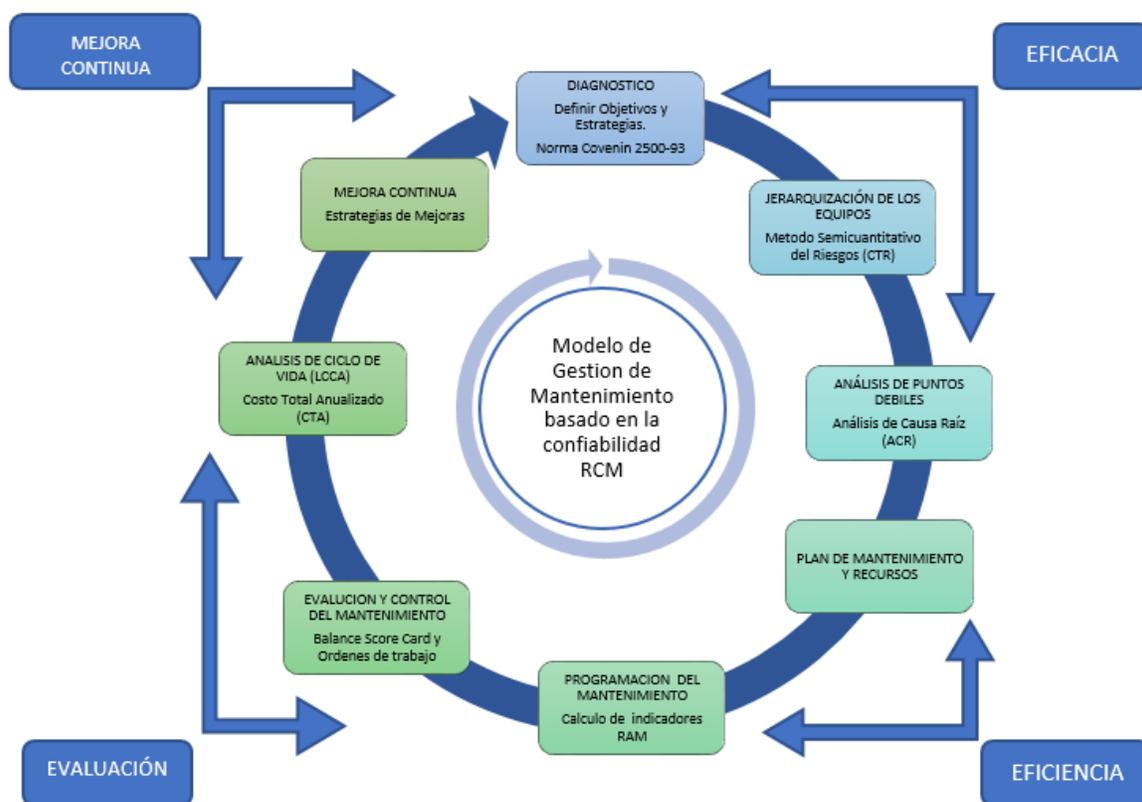


Figura 5.36 Propuesta de esquema grafico del MGM

Fuente: Elaboración Propia (Word 2016)

Este modelo pretende asegurar que los equipos que intervienen en el proceso de artes de graficas de Litografía Moravia S.A., permanezcan con una disponibilidad alta y se reduzcan los parada de producción y alinear todos los procedimientos de mantenimiento con la utilización de una estrategia definida y pretendiendo siempre la mejora continua.

CAPÍTULO 6: Análisis económico del Modelo de Gestión de Mantenimiento

Como parte del proyecto se elabora el análisis económico como una comparación de los costos de la aplicación de la nueva estrategia versus los costos que se producen por el paro de la producción del proceso productivo.

A continuación, se muestra el costo estimado para el plan de mantenimiento estimando el costo de mano de obra de cada una de las actividades y el stock de repuestos por cada uno de los equipos

Tabla 55 Costo total del plan de mantenimiento

	PR-SM	PR-GTO VP	PR-SR	TOTAL
Min de Mto	23021,0	22343,0	20163,0	65527,0
Horas de Mto	383,7	372,4	336,1	1092,1
Costo PMP	\$ 1 948,21	\$ 1 616,12	\$ 1 443,74	\$ 5 008,06
Repuestos	\$ 2 179,55	\$ 1 868,11	\$ 1 542,97	\$ 5 590,62
	Total			\$ 10 598,69

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

De igual forma se calculó por tiempos de paro en la actualidad de la empresa el costo de mano de obra utilizado para la reparación de las diferencias fallas ocurridas durante el tiempo de análisis.

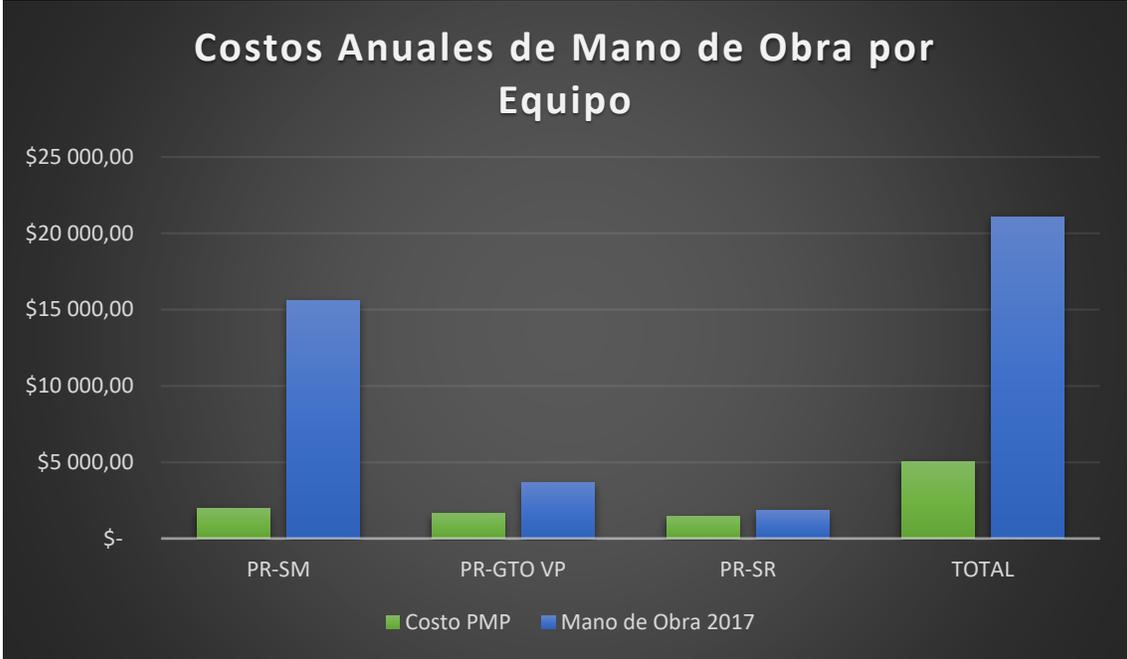
Tabla 56 Costo de Mano de Obra por paros

	PR-SM	PR-GTO VP	PR-SR	TOTAL
Costo Mano de obra del 2017	\$ 15 577,19	\$ 3 665,18	\$ 1 831,97	\$ 21 074,34

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

El costo total estimado de mano de obra del plan de mantenimiento tiene un valor de \$ 5 008,06 durante un año de ejecución, si se realiza la comparación con los costos de mano de obra anteriores, este equivale al 24% de la misma.

En el siguiente gráfico se muestra los costos involucrado en mano de obra del plan de mantenimiento, con el de mantenimiento realizado anteriormente, durante el período de evaluación.



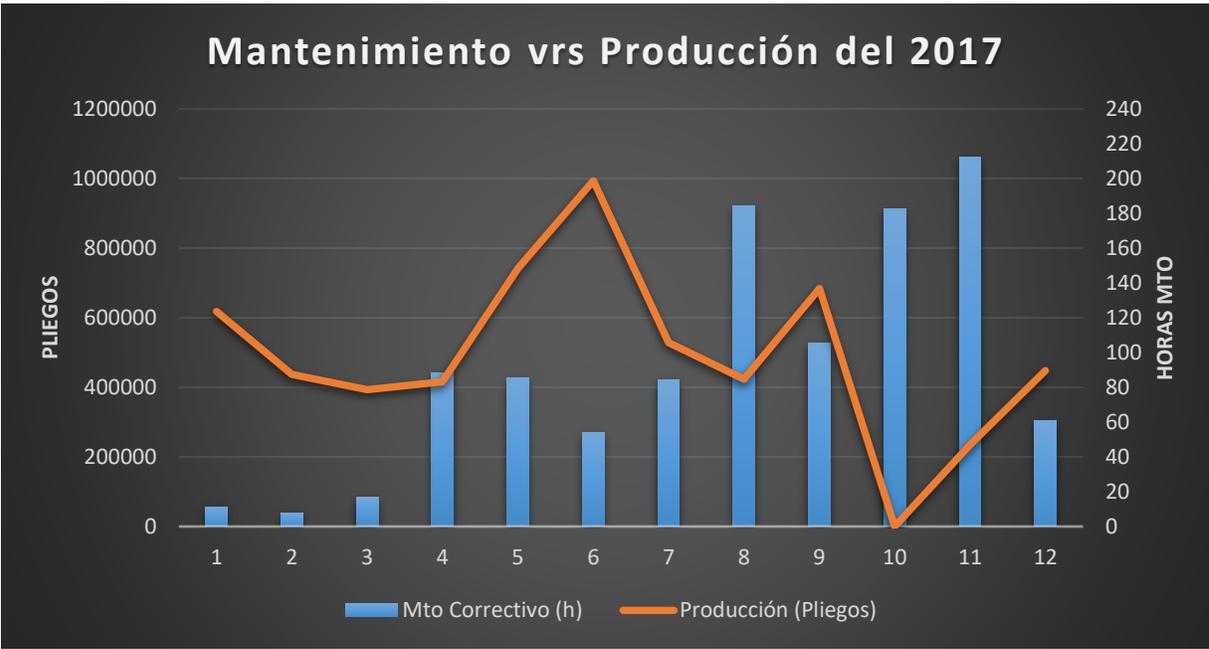
Gráfica 6 Costos de Mano de Obra

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Como se observa el plan de mantenimiento propuesto involucra un costo menor que lo invertido en el costo de mano de obra del año anterior, comparando estos valores se permite evidenciar la viabilidad del proyecto, pero no se puede afirmar que por decidir invertir cierta cantidad del presupuesto en mantenimiento se asegura que los equipos no fallen, pero con la implementación del plan y la recopilación de datos reales se podrán elaborar los ajustes necesarios para conservar el costo-eficiencia de la empresa.

Con la implementación del presente modelo de gestión de mantenimiento se espera obtener una disminución del mantenimiento correctivo aplicado en la empresa Litografía Moravia S.A., por lo que se realizara una comparación de los resultados obtenidos de la implementación del plan de mantenimiento propuesto del Modelo de Gestión de Mantenimiento realizado, en el cual se analizara las horas de paros y la impresión de pliegos para el equipo PR-SM, el cual este activo representa más del 80% de la producción de la empresa.

En el primer caso se analizará el estado antes de la realización del proyecto, evaluando las horas de mano de obra y producción de pliegos impresos del 2017. En el siguiente gráfico se muestra la tendencia del mantenimiento y la producción de la prensa, en esta se observa el incremento del mantenimiento correctivo del equipo, el cual tiene una tendencia creciente, lo que implicaría mayores costos de mantenimiento y una reducción considerable de la producción como se observa en el gráfico.

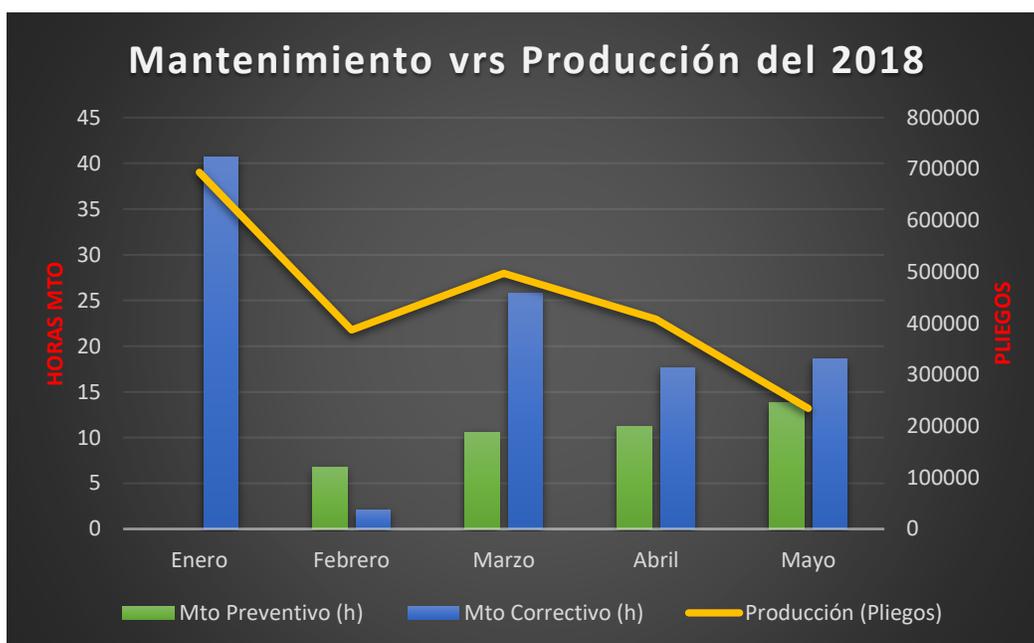


Gráfica 7 Tendencia del mantenimiento con la producción del 2017

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

La producción se ha visto afectada considerablemente, como por ejemplo en el mes de octubre, en el cual la máquina permaneció detenida por un paro generado por diferentes fallas en el equipo.

Al comparar este primer caso con el segundo de referencia, que sería el estado actual en el período de análisis de enero a mayo del presente año, se puede observar una disminución considerable del mantenimiento correctivo y la implementación del mantenimiento preventivo en la prensa de análisis.



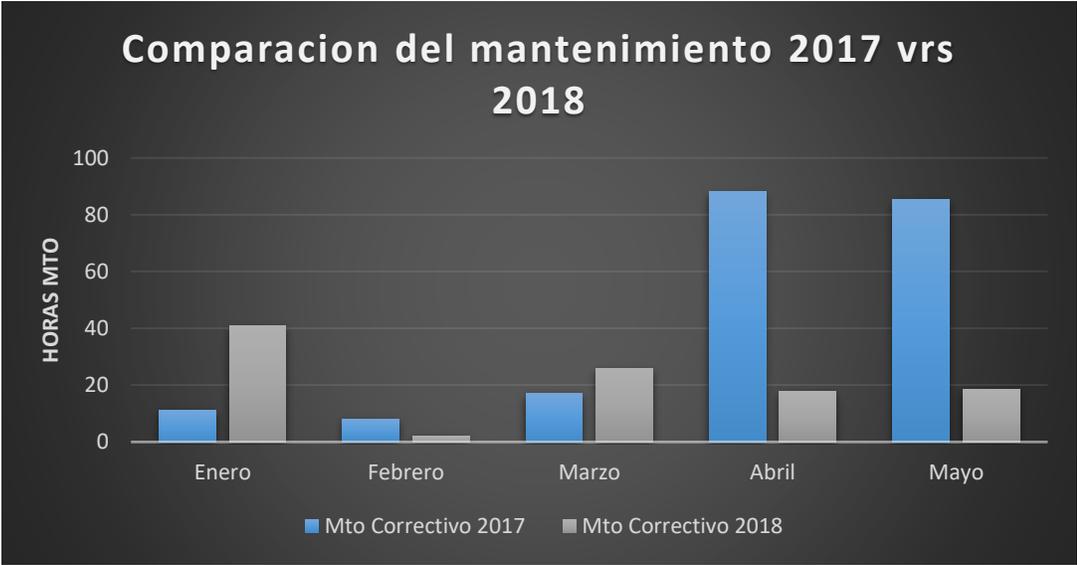
Gráfica 8 Tendencia del mantenimiento con la producción del 2018

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Como se muestra en la gráfica anterior la empresa ha realizado mantenimiento preventivo progresivamente desde el mes de febrero y de igual forma el mantenimiento correctivo se ha reducido considerablemente conforme al año anterior de análisis, permitiendo observar la importancia del mantenimiento y la implementación de la propuesta del Modelo de Gestión.

Con base al análisis anterior se realiza la comparación de los meses de enero a mayo por la tendencia que tiene la producción, la cual en ambos años la impresión generada entre los cinco meses por la prensa PR-SM tienen un promedio de 500 000 pliegos. Además, que las condiciones de consumo, operarios y horas de operación se mantuvieron constantes, la única diferencia fue la realización de mantenimiento preventivo a las prensas. Por lo que se procedió a verificar las horas de mantenimiento correctivo de los dos períodos de análisis y determina la reducción o aumento en horas de paro.

Por medio del siguiente balance entre las horas de mantenimiento se obtiene el siguiente gráfico que permite el estudio del mantenimiento de los dos períodos, con una tendencia de producción considerablemente idéntica, permitiendo así evaluar la reducción de los paros del equipo y el costo que conlleva estos.



Gráfica 9 Comparación del mantenimiento entre el 2017 y el 2018

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Como se observa los paros del equipo se han reducido considerablemente el presente año con el anterior, exactamente un 61% de las horas de mantenimiento se disminuyeron generando una reducción de los costos de mano de obra invertidos a la reparación de fallas.

Tabla 57 Comparación de mantenimiento entre el 2017 y el 2018 para el PR-SM

	2018					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Total
Costo MTO	₡ 528 263,45	₡15 420,70	₡206 993,44	₡76 366,00	₡ 85 328,56	₡ 912 372,15
Mto. Correctivo (h)	40,74	2,1	25,74	17,66	18,6	104,84
	2017					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Total
Costo MTO	₡ 83 230,55	₡85 314,63	₡247 395,88	₡970 705,45	₡933 475,03	₡2 320 121,54
Mto. Correctivo (h)	11,25	8	17,00	88,08	85,34	209,67

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

En la tabla anterior se determina la reducción de 104 horas de mano de obra de mantenimiento de la prensa PR-SM, lo cual equivale a la disminución de ₡1 407 749,39 del costo de mano de obra, este análisis permite ejemplificar la reducción de tiempo de paros por fallos e identificar la efectividad de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

De igual forma se calcula los costos de mantenimiento de las demás prensas para estimar el ahorro que generó la aplicación de mantenimiento preventivo.

Tabla 58 Costos asociados a mano de obra correctivo del 2017

Equipo	Datos	2017					
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Total
PR-GTO VP	Costo de Paros	336037,52	243857	₡ 72 774,09	0	0	₡ 652 668,61
	Horas de Paros	109,6	79,53	23,75	0	0	212,88
PR-SR	Costo de Paros	₡ 16 185,28	18028,22	₡ 67 570,07	₡ 64 500,48	0	₡ 166 284,05
	Horas de Paros	4,83	5,67	19,33	16,16	0	45,99
PR-SM	Costo de Paros	₡ 83 230,55	₡ 85 314,63	₡ 247 395,88	₡ 970 705,45	₡ 933 475,03	₡ 2 320 121,54
	Horas de Paros	11,25	8	17,00	88,08	85,34	209,67
					Total de Costos		₡3 139 074,20
					Total de Horas		468,54

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Tabla 59 Costos asociados a mano de obra del 2018

Equipo	Datos	2018					Total
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	
PR-GTO VP	Costo de Paros	₡ 24 513,13	₡ 20 172,56	0	₡ 6 943,07	0	₡ 51 628,76
	Horas de Paros	8	6,58	0	2,25	0	16,83
	Costo Preventivo		₡ 6 128,34	₡ 18 385,35	₡ 24 513,50	₡ 21 449,19	₡ 70 476,38
	Horas Preventivo		2	6,1	8	4,83	20,93
PR-SR	Costo de Paros	₡ 23 854,15	₡ 8 307,52	₡ 22 844,63	₡ 14 537,00	₡ 4 984,28	₡ 74 527,58
	Horas de Paros	10,24	3,33	9,16	5,83	2	30,56
	Costo Preventivo		₡ 3 738,21	₡ 7 061,06	₡ 18 869,99	₡ 12 885,66	₡ 42 554,92
	Horas Preventivo		1,5	2,83	8,24	5,16	17,73
PR-SM	Costo de Paros	₡ 528 263,45	₡ 15 420,70	₡ 206 993,44	₡ 76 366,00	₡ 85 328,56	₡ 912 372,15
	Horas de Paros	40,74	2,1	25,74	17,66	18,6	104,84
	Costo Preventivo		₡ 49 571,52	₡ 77 706,23	₡ 89 764,14	₡ 105 841,30	₡ 322 883,19
	Horas Preventivo	0	6,7	10,6	11,2	13,8	42,3
Total de Costos						₡ 1 474 442,98	
Total de Horas						233,19	

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Como se puede observar en las tablas anteriores la reducción de paros en los equipos es aproximadamente del 67% que es equivalente a un ahorro de ₡ 2 100 545,71 en mano de obra y con un total de 80,96 de horas de mantenimiento preventivo aplicado a las tres prensas críticas del proceso de la empresa.



Gráfica 10 Costos de mantenimiento en el 2017 y el 2018.

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

El gráfico anterior se muestra la reducción del mantenimiento y los costos asociados en los períodos de análisis.

Con base en la mejora de tiempos de paros en el análisis anterior se procede a verificar los indicadores de mantenimiento calculados en la fase 5 y comparar la mejora que se obtuvo con la reducción de paros, dichos indicadores se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 60 Indicadores actuales de los activos críticos

Indicadores del 2018			
Datos	PR – SM	PR – GTO	PR-SR
Fecha Inicial	1/1/2018	1/1/2018	1/1/2018
Fecha Final	19/5/2018	19/5/2018	19/5/2018
Periodo de evaluación	5 meses	5 meses	5 meses
TTO hr (s)	1019,6	964	1223,23
Valor de β	2,07	4,55	2,47
Distribución utilizada	Weibull	Weibull	Weibull
Confiabilidad, R (t)	45,96%	36,88%	47,56%
Frecuencia de fallos (λ), h (t)	0,017214	0,021646	0,007378
TPO hr (s)	203,92	192,8	249,7
Probabilidad de fallo, F (t)	54,03%	63,11%	52,43%
Probabilidad de ocurrencia, f (t)	0,00042%	0,00799%	0,003509%
Disponibilidad, A: Periodo	85,52%	88,94%	97,19%
Disponibilidad, A: Dist. Estadística	86,99%	88,94%	97,09%
MTTR (TPFS) hr (s)	29,08	23,96	7,078
MTBF (TPEF) hr (s)	233	216,76	251,724
TTFS hr (s)	145,4	119,83	35,39
Tiempo t de restauración	50	30	16
Mantenibilidad, M (%)	75,81%	93,93%	96,47%
MTTR (TPFS) hr (s)	35,15	23,81	7,48
Mantenibilidad, M (%) Exponencial	82,80%	81,16%	89,57%
MTTR (TPFS) hr (s), Exponencial	29,08	23,97	7,08
Nº de Kolmogorov	0,24	0,23	0,22
Estado Selección de Distribución	No Rechazada	No Rechazada	No rechazado

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Como se observa en los indicadores que se generó una mejora considerable de los diferentes valores cálculos, como la disponibilidad la cual demuestra que el desempeño de los equipos dentro del proceso se ha incrementado y la funcionalidad de los equipos se conserva un mayor tiempo operativo, permitiendo una mayor producción dentro de la empresa.

Comparando los valores obtenidos con los anteriormente calculados en la fase 5, se puede demostrar el incremento de la disponibilidad en los equipos críticos. Esta mejora aumento dichos valores entre un 5 y 10 % como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 61 Disponibilidad de los equipos

	Disponibilidad		
	PR-SM	PR-GTO VP	PR-SR
Período de análisis 2017	75,78%	82,93%	92,64%
Período de análisis 2018	85,52%	88,94%	97,19%
Diferencia	9,74%	6,01%	4,55%

Fuente: Elaboración Propia (Excel 2016)

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Con base en lo propuesto para el proyecto y la información obtenida se concluye lo siguiente:

1. Se realizó la evaluación del estado en que se encontraba el departamento de mantenimiento, mediante la Norma COVENIN 2500-93, lo que permitió realizar una reestructuración, definiendo objetivos, misión, visión y documentación de mantenimiento que permitirán incrementar la evaluación del 28% obtenido en la auditoría y con ello mejorar el departamento.
2. Se identificaron los equipos críticos de la empresa y se elaboró las diferentes estrategias propuestas en el proyecto a las prensas de impresión, definiendo recursos y presupuesto requeridos.
3. El plan de mantenimiento elaborado por medio del RCM permitió aumentar entre un 5% y 10% la disponibilidad de los activos críticos de la empresa y se disminuyó las horas de paro en un 60% esto durante el período de estudio.
4. Se elaboró el sistema de indicadores que permiten la evaluación y control del mantenimiento por medio de la toma de datos reales y de esta forma evaluar la eficiencia y el costo del departamento.
5. Se obtuvieron los costos estimados del MGM y se compararon con las pérdidas calculadas por realizar sólo mantenimiento correctivo durante el período de estudio de un año, y así poder tener una proyección de ahorros a través del proyecto planteado, los cuales representan el 24% del total del presupuesto invertido en el período de estudio, con un costo total anual de \$ 5 008,06 para los equipos críticos de la empresa.

Recomendaciones

Para el presente proyecto se recomienda:

1. Ampliar el alcance del plan de mantenimiento a los equipos restantes de la empresa para reducir tiempos de paros de producción.
2. Recopilar los datos durante un año como mínimo, para mejorar rutinas programadas y ajustar los objetivos y metas del departamento y del Balance ScoreCard.
3. Establecer un departamento de mantenimiento independiente del departamento de producción y así evitar el incumplimiento de las rutinas de mantenimiento.
4. Definir el stock mínimo que se requiere evaluando el costo-beneficio.
5. Capacitar al personal para las actividades de mantenimiento diarias para ejecutar en los equipos.
6. Registrar los costos de mantenimiento del departamento, para lograr cuantificar los gastos y realizar alguna reevaluación de los proveedores.
7. Considerar la posible renovación de la prensa Speed Master por algunos de las dos (2) posibles opciones evaluadas en el proyecto, considerando la opción técnico – financiera que la empresa determine más rentable por medio del cálculo del CTA.

Anexos

Anexo 1: Rótulo de Codificación



Anexo 2: Orden de trabajo de mantenimiento

 <small>Impresionado con el objetivo de mejorar de su empresa</small>			Código: 11-HM-01-PRO-A11
Nombre: ORDEN DE TRABAJO MANTENIMIENTO			Página: 1
Revisado y aprobado por: Victor Julio Montero	Elaborado por: Grayvin Hernández	Fecha de Aprobación 18-12-2014	Versión: 3

Fecha Emisión	Código Equipo	Maquina / Equipo	Solicitud No.	ODP MT No.
Ubicación		Encargado de Mto		
Prioridad	Alta <input type="checkbox"/>	Media <input type="checkbox"/>	Baja <input type="checkbox"/>	Paro Produccion SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Tipo de Mantenimiento	Preventivo <input type="checkbox"/>	Correctivo <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	Tiempo Estimado
Recomendaciones de Seguridad				
1				
2				
3				
4				
Sección / Componente	Actividades	Repuesto / Material	Código Repuesto	Cantidad
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
Observaciones				

Inicio del Mantenimiento	Fin de Mantenimiento	Ejecutante Responsable	Supervisor del Proceso
Fecha:	Fecha:		
Hora:	Hora:		

Anexo 4: Solicitud de Mantenimiento

 <p>Imprimiendo con excelencia la imagen de su empresa</p>			Código: 06-FRM-01-PRO-A11
Nombre: SOLICITUD DE MANTENIMIENTO			Página: 1
Revisado y aprobado por: Víctor Julio Montero	Elaborado por: Greyvin Hernández	Fecha de Aprobación 18-12-2014	Versión: 3

Fecha	Hora	Solicitud N.	Proceso	Nombre del Solicitante
Código Equipo	Nombre del Equipo		Infraestructura	
Producción Detenida	SI		NO	
Descripción de la falla o trabajo a realizar				
Observaciones				

Recibido Por	Hora	Fecha

Anexo 5: Registro de Mantenimiento

REGISTRO DE MANTENIMIENTO																						
Maquina	TIPO DE MANTENIMIENTO		INICIO		FINALIZA		Mantenimiento			Descripción del mantenimiento	Cantidad Repuestos	Código Repuesto	Repuestos	Costo de Repuestos	Tiempo de Adquisición de Repuesto (Días)	Importe en Colones	Costo de Mano Obra por hora	Costo Contratista	Tiempo de Operación	Total Horas de Paro	Costo Total	
	Preventivo	Correctivo	Fecha Inicio	Hora Inicio	Fecha Final	Hora Final	Interno	Externo	Nombre Contratista													

Anexo 6: RCM Unidad de Impresión

MAQUINA	CODIGO	PR-SM	Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de Falla	Causa	Efecto	Acción Proactiva					
1	A	I	Convertir la tinta de un estado semisólido del tintero y transferirla en un estado semi líquido en una capa fina y uniforme sobre la batería de rodillos entintadores.	No se trasfere la tinta del tintero al rodillo de forma fina y uniforme	Tintero	1	Incorrecta graduación del tintero	Mal cambio de la cuchilla	Incorrecta regulación de los clavijeros	Clavijeros dañados	1 2	Inspección de clavijeros del tintero se encuentren limpios y regulados según la impresión a realizar			
					Cuchilla del tintero	2	Cuchilla dañada	Acumulación de tinta seca en el lado interior	Irregular filo de la cuchilla	No hay presión de las clavijas en los extremos del tintero	2 3	Revisión de la cuchilla del tintero por desgaste del filo o ruptura			
					Rodillo del entintadores	3	Superficie del rodillo dañada	Rodillos con pigmentos de tinta incrustados	Desgaste de la superficie del rodillo tomador	Contaminación de los rodillos por polvo u otras impurezas	3 4	Limpeza de la cuchilla del tintero y si se encuentra algún ruptura o sin filo se debe realizar el cambio de la cuchilla			
						4	Falla en los Rodamientos del rodillo	Desgaste Natural del rodamiento	Falta lubricación de los rodamientos		4 5	Revisión de clavijas en los extremos del tintero, si están dañadas realizar el reemplazo			
						5	Reducción de eficiencia del mecanismo entintado, reduciendo la cantidad de pliegos impresos y si no se realiza el cambio del rodillo producirá el deterioro completo del rodillo				5 6	Inspección de la superficie de la batería de rodillos entintadores no contengan pigmentos de tinta seca, o presente oxidación en el caucho según corresponda a los rodillos			
						6	Paro de la unidad de impresión y reducción de producción				6 7	Limpeza de los rodillos entintadores después de terminar la impresión de un cliente o realizar cambio de tinta			
					B	I	La tinta no cambia ha estado semi líquido	Rodillos Entintadores	5	Falta de Fluidéz en la tinta	Rodillo Distribuidor se encuentra cristalizado	Excesiva presión de ajuste del rodillo distribuidor	Desgaste de la superficie del rodillo o desgaste del rodamiento	7 8	Verificar que se realice la lubricación cada 30000 pliegos
									6	Tinta muy pegajosa	Rodillo Dador se encuentra desajustado	Rodillo Dador esta dañado por desgaste de la superficie		8 9	Verificar la presión de los rodillos distribuidores de la batería de entintadores
									7	Rodillos de humectación no funcionan	Motor eléctrico dañado	Superficie de los rodillos dañada		9 10	No permite la correcta transferencia a los pliegos lo que genera el rechazo completo de la producción
									8	Rodamiento dañado	Desgaste Natural del rodamiento	Falta lubricación de los rodamientos	Rodamiento instalado equivocado	10 11	La máquina no funciona según lo demande el operario, no se detiene cuando lo requiere. Se limpian los rodillos para determinar si aun funcionan y sino se reemplazan.
									9	Fuga o ruptura de la manguera	Excesivo rozamiento con partes filosas de la estructura de la inyectora	Cumplió su vida útil	Instalación incorrecta	11 12	Inspección de la superficie de la batería de rodillos de humectación no contengan pigmentos de tinta seca, o presente oxidación en el caucho según corresponda a los rodillos
									10	Demasiada cantidad de solución	Mal ajuste de la regulación de la entrada de la solución	Dosificador dañado		12 13	Limpeza de los rodillos de humectación después de terminar la impresión de un cliente o realizar cambio de tinta
2	A	I	Realizar la humectación de la plancha con la "Solución Fuente" desde la bandeja de mojado a través de la batería de rodillos de humectación	No se trasfere la solución de fuente a los rodillos	Batería de Rodillos de Humectación	7	Rodamiento dañado	Desgaste Natural del rodamiento	Falta lubricación de los rodamientos	Rodamiento instalado equivocado	13 14	Verificar que se realice la lubricación cada 30000 pliegos			
						8	Fuga o ruptura de la manguera	Excesivo rozamiento con partes filosas de la estructura de la inyectora	Cumplió su vida útil	Instalación incorrecta	14 15	Realizar la lubricación manual de los puntos que lo requieran			
						9	Demasiada cantidad de solución	Mal ajuste de la regulación de la entrada de la solución	Dosificador dañado		15 16	Cambio de rodamientos según la frecuencia establecida por el fabricante de los rodillos de humectación			
						10	Poca o nula cantidad de solución	Desgaste de la superficie del rodillo tomador	Manguera que trasfiere la solución a la bandeja tiene fuga		16 17	Inspección de la distribución de tubería de solución, por si presenta fugas y conexiones de las mangueras. Que no presenten fisuras visibles o desgastes. Reemplazar si se requiere			
						11	Paro de la unidad de impresión y reducción de producción				17 18	Exceso de agua genera que el secado del pliego no se realice adecuadamente por lo que imprenda a los demás pliegos en la salida de la prensa y se tiene que desechar el producto			
						12	Inspección de los rodillos tomadores del sistema de humectación				18 19	Revisión de los dosificadores de humectación y reemplazar si se requiere			
	B	I	Se realiza incorrectamente la humectación de la plancha o no se realiza	Rodillo tomador de humectación	11	Poca o nula cantidad de solución	Desgaste de la superficie del rodillo tomador	Manguera que trasfiere la solución a la bandeja tiene fuga			19 20	Inspección de los rodillos tomadores del sistema de humectación			
					12	Cilindro dañado	Desgaste de las mordazas porta planchas	Mordaza de porta planchas quebrada	Mal colocación de las mordazas	20 21	Produce el paro completo de una unidad de impresión lo cual reduce la producción considerablemente y la utilización de esta unidad puede influir en el desgaste de los demás componentes de equipo				
					13	Cilindro no funciona	Desgaste de rodamientos del cilindro	Falta lubricación de los rodamientos		21 22	Produce el paro completo de una unidad de impresión lo cual reduce la producción considerablemente y la utilización de esta unidad puede influir en el desgaste de los demás componentes de equipo				
					14	Superficie del rodillo dañada	Rodillos muy duros por acumulación de tinta o suciedad		Oxidación de los rodillos con superficie de caucho	22 23	El rodillo dañado daña el papel y la impresión no se realiza bien por lo que toda los pliegos impresos se deben de desechar esto perjudica la producción porque se debe de realizar de nuevo la impresión				
					15	Cilindro Porta Mantilla no funciona	Rodamientos dañados	Motor principal no funciona	Pliegos de papel atascado	23 24	Este es el cilindro mas importante porque es el que trasfiere la imagen al papel, por lo que si esta dañada no se realiza la impresión, genera pérdida de materiales y la producción se retrasa durante el cambio del cilindro				
					16	Cilindro de impresor no funciona	Rodamientos dañados	Motor principal no funciona	Pliegos de papel atascado	24 25	No se realiza el traslado del papel por las unidades lo que genera paros de producción ya que la maquina se detiene por completo				
3	A	I	Transferir la tinta y la solución fuente a la plancha para realizar la impresión en el pliego	No se trasfere la tinta ni la solución fuente a la plancha	Cilindro Porta Planchas	12	Cilindro dañado	Desgaste de las mordazas porta planchas	Mordaza de porta planchas quebrada	Mal colocación de las mordazas	25 26	Revisión de mordazas del cilindro Porta Planchas por quebraduras, desgaste o se encuentran mal colocadas			
						13	Cilindro no funciona	Desgaste de rodamientos del cilindro	Falta lubricación de los rodamientos		26 27	Limpeza de Mordazas del cilindro			
						14	Superficie del rodillo dañada	Rodillos muy duros por acumulación de tinta o suciedad		Oxidación de los rodillos con superficie de caucho	27 28	Lubricación de rodamientos del cilindro porta planchas			
	B	I	La impresión presenta franjas horizontales	Rodillos	14	Superficie del rodillo dañada	Rodillos muy duros por acumulación de tinta o suciedad		Oxidación de los rodillos con superficie de caucho		28 29	Limpeza del cilindro antes de colocar las planchas			
					15	Cilindro Porta Mantilla no funciona	Rodamientos dañados	Motor principal no funciona	Pliegos de papel atascado		29 30	Reemplazar los rodamientos si lo requieren			
					16	Cilindro de impresor no funciona	Rodamientos dañados	Motor principal no funciona	Pliegos de papel atascado		30 31	Revisión y limpieza de los rodillos de la unidad del color que produce las franjas			
C	I	No se realiza la impresión en el pliego	Cilindro Porta Mantilla	15	Cilindro Porta Mantilla no funciona	Rodamientos dañados	Motor principal no funciona	Pliegos de papel atascado		31 32	Verificar la superficie del cilindro porta mantilla que no presente daños, desgaste, suciedad o tinta seca				
				16	Cilindro de impresor no funciona	Rodamientos dañados	Motor principal no funciona	Pliegos de papel atascado		32 33	Lubricación de rodamientos del cilindro porta mantilla				
				17	Las pinzas no sujetan el pliego	Las pinzas se dañaron	Falta de presión en la sujeción de las pinzas	Mal calibradas por el operario		33 34	Reemplazo de rodamientos si se requiere				
4	A	I	Transferir el papel a las demas unidades de impresión	No se transfieren los pliegos a través de las unidades de impresión	Cilindro impresor	16	Cilindro de impresor no funciona	Rodamientos dañados	Motor principal no funciona	Pliegos de papel atascado	34 35	Medición de la corriente y voltaje del motor eléctrico principal			
						17	Las pinzas no sujetan el pliego	Las pinzas se dañaron	Falta de presión en la sujeción de las pinzas	Mal calibradas por el operario		35 36	Reemplazo de escobillas del motor eléctrico		
						18	El motor eléctrico no funciona	Faja de transmisión dañada	Devanado del Motor quemado	Aislamiento del motor dañado		36 37	Revisión de pinzas de sujeción de entrada por quebraduras, desgaste o se encuentran mal colocadas		
19	El equipo se detiene por completo					37 38	Limpeza de pinzas de sujeción de entrada								
20	Revisión de la faja de transmisión y cambio si se requiere					38 39									

Anexo 7: RCM Sistema de Enfriamiento

Empresa	Litografía Moravia S.A.	HOJA DE TRABAJO RCM											
Planta	San José, Costa Rica												
MAQUINA	Prensa Offset de 5 cuerpos	CODIGO	PR-SM										
PARTE	Sistema de Enfriamiento												
	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA			EFEECTO					
1	Reducir la temperatura de la solución de fuente en las unidades de impresión entre 10 -12 °C	A	Panel de control eléctrico	1	E	Voltaje inadecuado	Problemas en la red eléctrica de la industria	Fallo de aislamiento en los cables	Cortocircuito	1	3	Sistema no entra en funcionamiento	
				2	I	Falla sistema de control	Cables no conducen, o con fallas de aislamiento	Problemas de cableado lógico	Controlador quemado	2	3	No es posible encender el chiller debidamente	
			Compresor	3	E	Compresor no funciona	Interruptor principal abierto	Protecciones térmicas abiertas			3	3	Sistema no entra en funcionamiento
				4	I	Compresor ruidoso o con vibraciones	Entra refrigerante en el interior e inunda el Carter	Sobrecarga de trabajo	Bobinaje quemado	4	3	No se comprime el refrigerante por lo que no hay transferencia de calor	
		B	El chiller enciende y no enfría.	Compresor	5	E	Tiempo entre paro y arranque del compresor no ha pasado	Constante apagado y encendido	Errores de operación	Cortes abruptos en la red eléctrica	5	3	Sistema no entra en funcionamiento
					6	I	Baja carga de líquido refrigerante	Fugas en serpentín	Tiempos prolongados sin recarga de refrigerante	Temperatura de enfriamiento menor a punto de congelación del refrigerante	6	3	Sistema no tiene la capacidad de realizar la transferencia de calor adecuada
				Compresor	7	I	Pérdida de aceite en el compresor	Falta de líquido refrigerante	Desgaste excesivo en los anillos del compresor	Inundación de líquido refrigerante en el interior del compresor	7	3	No se comprime el refrigerante por lo que no hay transferencia de calor
					8	I	Compresor dañado	Bajo nivel de aceite	Sobrecarga de trabajo	Bobinaje quemado	8	3	
	C	Ventilador del condensador no enciende	Panel de control eléctrico	9	I	Interruptor principal abierto	No se ha cerrado interruptor	Interruptor dañado		9	3	No se puede iniciar el ciclo	
				10	I	Fusibles dañados	Sobrecarga	Sobrecalentamiento	Corriente alta	10	3	Ventiladores no inician su ciclo	
			Condensador	11	I	Motor del ventilador dañado	Sobrecarga	Sobrecalentamiento			11	3	Ventiladores no trabajan
				12	I	Reloj o termostato de deshielo dañado	Componente quemado	Termostato pegado y no envía señales			12	3	No se envía la señal de final o inicio del ciclo
	D	El chiller no enfría a la temperatura debida (10 -12 °C) cuando se necesitan las 5 unidades de impresión	Compresor	14	I	El serpentín no se enfría lo suficiente para restablecer el	El termostato no está enviando la señal adecuada	Desajuste en el delay			14	3	El serpentín no trabaja en la temperatura adecuada
				15	I	Baja carga de líquido refrigerante	Fugas en serpentín	Tiempos prolongados sin recarga de refrigerante	Temperatura de enfriamiento menor a punto de congelación del refrigerante	15	3	Sistema no tiene la capacidad de realizar la transferencia de calor adecuada	
			Evaporador	16	I	Compresor dañado	Bajo nivel de aceite	Sobrecarga de trabajo	Bobinaje quemado	16	3	No se comprime el refrigerante por lo que no hay transferencia de calor	
				18	E	Serpentín del evaporador sucio o bloqueado por alguna sustancia o material	Contaminación externa por incorrecta manipulación		Se agrego alguna sustancia equivocada	18	3	Disminución de la eficiencia del evaporador que no permite la transferencia de calor para reducir la temperatura a 10°C	
2	A	Motor ventilador no arranca	Evaporador	20	I	Motor del ventilador dañado	Daño físico	Cortocircuito	Desgaste rodamientos	20	3	Refrigerante no se comprime de forma adecuada. Afecta el proceso de transferencia de calor	
			Panel de control eléctrico	21	I	Contactos flojos o dañados	Contactos aislados	Contactores desgastados	Tornillos flojos o sueltos	21	3	Se pierde control sobre el proceso de extracción de calor	
		B	Evaporador no trabaja al 100% y no cumple extracción de calor	Evaporador	22	E	Evaporador obstruido	Exceso de suciedad y polvo	Congelamiento por problemas de subenfriamiento	Filtros bloqueados o mal estado	22	3	No hay una correcta extracción de calor
					25	I	Presión de descarga alta	Gases no condensados en el sistema	Sistema sobrecargado de refrigerante	Serpentín sucio	25	3	No hay una correcta extracción de calor
	26				I	Presión de descarga baja	Regulación incorrecta temperatura del condensador	Poco refrigerante	Válvula de descarga parcialmente cerrada	26	3		
	27				I	Presión de succión alta	Carga excesiva	Válvula de expansión sobrealimentada		27	3		
	28	I	Presión de succión baja	Filtros sucios	Poco refrigerante	Baja temperatura de condensación	28	3					
	3	Transferir la solución de fuente a las unidades de impresión	A	No se transfiere la solución fuente a las unidades de impresión	Bomba Principal	29	I	Motor de la bomba dañado	Aumento en la temperatura del aislamiento	Devanado del motor quemado o dañado	Desgaste rodamientos	29	3
Tubería					30	I	Tunería y mangueras con fugas	Ruptura de la tubería y mangueras por desgaste o fricción con algún componente externo	Instalación incorrecta	Cumplio su vida útil	30	3	Derrame de la sustancia puede provocar un accidente en el personal presente y la producción se ve reducida

Anexo 8: RCM Sistema Hidráulico

MAQUINA	PARTE	CODIGO	PR-SM																
Prensa Offset de 5 cuerpos Sistema Hidraulico																			
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA			EFECTO	ACCION PROACTIVA											
Mantener presión constante de aceite hidráulico que requiere cada unidad de impresión para poder cumplir con las especificaciones de producción	A	No hay presión en el sistema	Motor de la bomba no trabaja	Aislamiento del motor dañado	Aumento de temperatura en el motor, resequead del aislamiento	Obstrucción total o parcial de los canales de ventilación del motor por materiales externos como suciedad	3 6	1 1	Inspeccionar el estado de los motores, como las protecciones de esta.										
										Fallas en rodamientos	Desgaste natural								
										Sobretensión	Oscilaciones de corriente y voltaje	Cargas muy variables en el sistema							
										Protecciones del motor se activaron	Sobrecarga en el sistema								
								Cortocircuito	Rotor bloqueado	Pérdida de fase									
								Impulsor de bomba centrífuga desgastado	Filtración deficiente de partículas en el sistema	Filtro principal de aceite saturado	Falta de limpieza de filtros del sistema hidráulico	2 3 6	4 2	Limpiar el filtro del aceite y reemplazar el filtro si se requiere					
								Mangueras de aceite principales	Manguera de alimentación principal de aceite rota	Excesivo rozamiento con partes filosas de la estructura de la inyectora	Instalación incorrecta	3 6	5 2	Inspección de las conexiones de las mangueras, por fugas, y la distribución completa del sistema. Si se presenta algún daño se debe reemplazar si lo requiere					
							Cumplió su vida útil								6 2	Inspección de las conexiones de las mangueras, por fugas, y la distribución completa del sistema. Si se presenta algún daño se debe reemplazar si lo requiere			
								Válvulas	Electroválvula del banco principal obstruida	Acumulación de partículas u objetos extraños en el banco de válvulas	Exceso de suciedad dentro del sistema	Falta de limpieza de filtros del sistema hidráulico	4 3	7 8 9	2 1 2	Verificar el estado de las Válvulas. Informar si alguna presenta algún daño Verificar el nivel del tanque de aceite y si presenta algún tipo de contaminación Idem 4.2			
								Acople motor - bomba	Acople del motor - bomba dañado	Problemas de desalineamiento entre el motor y la bomba Desgaste normal	Instalación incorrecta		5 3	10 1	Inspeccionar el acople del motor - bomba por algún desalineamiento, vibración o daño. Se debe informar para realizar el mantenimiento adecuado				
				1	B	La presión de aceite es insuficiente y no llega a todos los puntos requeridos del sistema.	Mangueras de aceite del sistema	Manguera alimentadora de presenta fugas o está rota	Excesivo rozamiento con partes filosas de la estructura de la inyectora	Distribución incorrecta del espacio dentro del equipo	Error humano	6 3	11 2	La unidad de impresión se queda sin presión y por lo tanto no cumple su función. Se debe reemplazar la manguera por una nueva					
															válvulas	válvula obstruida por objetos extraños	Exceso de suciedad dentro del sistema	Filtración deficiente en el sistema	Falta de limpieza de filtros del sistema hidráulico
Motor Eléctrico	No funciona correctamente	Exceso de vibraciones en la máquina	No hay alimentación eléctrica				Sobrecalentamiento del motor	8 3	13 2	Inspeccionar las conexiones del motor principal, limpiarlas. Y verificar la alimentación eléctrica									
											Electroválvula	Electroválvula obstruida por objeto extraño	Aceite del sistema contaminado u oxidado	Filtro principal de aceite saturado	Exceso de suciedad dentro del sistema	9 3	14 15	Idem 4.2 Idem 8.1	
2	A	El aceite no se conserva dentro del sistema	Tanque de aceite				Tanque de aceite principal presenta fugas	Cierre indebido de las cavidades del tanque al realizar alguna labor de mantenimiento o cambio de aceite Corrosión en juntas del tanque	Error humano	10 3									16 17
				Mangueras del sistema	Mangueras del sistema presentan fugas	Excesivo rozamiento con partes filosas de la estructura de la inyectora Presentan desgaste normal					Distribución incorrecta del espacio dentro del equipo	Error humano	11 3	18 2	Idem 5.2 y 6.2				
																Engranajes de la unidad de la unidad de impresión	Los engranajes no se lubrican correctamente	Fugas en mangueras Obstrucción de las mangueras	
3	A	El aceite no mantiene sus propiedades ideales para el funcionamiento del sistema hidráulico	Filtro de aceite	Filtro de aceite saturado por suciedad	Falta de mantenimiento a filtro Falta de limpieza al equipo en general		13 6	20 21	Idem 4.2 Limpieza general del equipo, revisar tapas del tanque y otras para reducir contaminación del aceite										
										4	A	La máquina se encuentra en un estado de suciedad poco apto para la operación de la misma	Estructura de máquina	Suciedad, polvo, materia prima y otros acumulados dentro de la máquina	Estructura de la máquina no impide el ingreso de suciedad a los sistemas Falta de limpieza a los equipos	Tapas fijas, carencia de tornillos y herramientas de fijación de las mismas	14 3	22 2	Realizar la limpieza de las conexiones eléctricas de las electroválvulas y del panel de control del sistema

Anexo 9: Plan de Mantenimiento Preventivo para la Prensa

Empresa: Litografía Moravia S.A. Departamento de Mantenimiento Programa de Mantenimiento Preventivo Fecha de Elaboración: 24/4/18		MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
		ÁREA: PRENSA			
		CÓDIGO: PR			
Máquina: Prensa Offset 5 Cuerpos			Código : PR-SM		
No.	INSPECCIÓN		FRECUENCIA	DUR (min)	Total Duración
CUERPO IMPRESOR					
1	2	Inspección de clavijeros del tintero se encuentren limpios y regulados según la impresión a realizar	D	10	3650
2	2	Revisión de la cuchilla del tintero por desgaste del filo o ruptura	M	5	60
3	2	Limpieza de la cuchilla del tintero y si se encuentra alguna ruptura o sin filo se debe realizar el cambio de la cuchilla	S	10	520
4	2	Revisión de clavijas en los extremos del tintero, si están dañadas realizar el reemplazo	ST	25	50
5	2	Inspección de la superficie de la batería de rodillos entintadores no contengan pigmentos de tinta seca, o presente oxidación en el caucho según corresponda a los rodillos	ST	5	10
6	2	Verificar que se realice la lubricación cada 30000 pliegos	D	5	1825
7	2	Verificar la presión de los rodillos distribuidores de la batería de entintadores	D	5	1825
8	2	Inspección de la superficie de la batería de rodillos de humectación no contengan pigmentos de tinta seca, o presente oxidación en el caucho según corresponda a los rodillos	ST	5	10
9	2	Revisión del motor eléctrico y la faja de transmisión	ST	5	10
10	2	Realizar la lubricación manual de los puntos que lo requieran	M	30	360

11	2	Cambio de rodamientos según la frecuencia establecida por el fabricante de los rodillos de humectación	ST	55	110
12	2	Inspección de la distribución de tubería de solución, por si presenta fugas y conexiones de las mangueras. Que no presenten fisuras visibles o desgastes. Reemplazar si se requiere	M	10	120
13	2	Revisión de los dosificadores de humectación y reemplazar si se requiere	ST	12	24
14	2	Inspección de los rodillos tomadores del sistema de humectación	ST	5	10
15	2	Revisión de mordazas del cilindro Porta Planchas por quebraduras, desgaste o se encuentran mal colocadas	A	10	10
16	2	Limpieza de Mordazas del cilindro	M	30	360
17	2	Lubricación de rodamientos del cilindro porta planchas	ST	40	80
18	2	Limpieza del cilindro antes de colocar las planchas	D	10	3650
19	2	Reemplazar los rodamientos si lo requieren	ST	60	120
20	2	Revisión y limpieza de los rodillos de la unidad del color	A	25	25
21	2	Verificar la superficie del cilindro porta mantilla que no presente daños, desgaste, suciedad o tinta seca	ST	5	10
22	2	Lubricación de rodamientos del cilindro porta mantilla	ST	60	120
23	2	Reemplazo de rodamientos si se requiere	A	75	75
24	1	Medición de la corriente y voltaje del motor eléctrico principal	M	10	120
25	2	Revisión de pinzas de sujeción de entrada por quebraduras, desgaste o se encuentran mal colocadas	M	5	60
26	2	Limpieza de pinzas de sujeción de entrada	M	15	180
27	2	Revisión de la faja de transmisión y cambio si se requiere	ST	10	20
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO					
1	2	Realizar la medición de voltaje, revisar los cables del panel	A	15	15
2	2	Inspeccionar sistema de control y realizar prueba de la secuencia de los controles en general	A	20	20
3	2	Inspeccionar los interruptores y sobrecargas	M	10	120
4	2	Revisión de parámetros de operación (Presión y Voltaje) del sistema de enfriamiento	S	5	260
5	3	Inspeccionar y limpieza general del panel de control	A	15	15
6	2	Inspección visual de la unidad para detectar elementos sueltos, dañados y fugas de gas refrigerante	M	5	60

7	2	Revisión de la presión de salida y la presión interna del compresor	S	5	260
8	2	Inspeccionar las protecciones de Amperaje	M	5	60
9	5	Reemplazar los fusibles si estos están dados	ST	30	60
10	5	Revisar estado del motor del compresor y de los ventiladores sobre conexiones o vibraciones	A	10	10
11	5	Revisión del funcionamiento del termostato, si esta dañado reemplazarlo	ST	15	30
12	2	Limpieza de los condensadores así como los serpentines según sea el estado de estos	A	20	20
13	2	Inspección por fugas en el equipo en el sistema de enfriamiento	S	10	520
14	2	Inspección del nivel del aceite como la presión de esta	M	5	60
15	2	Limpieza del serpentín y del evaporador	A	40	40
16	1	Revisión del motor de ventilador por daños o vibraciones, además se debe realizar medición de voltajes	ST	30	60
17	2	Verificar la tornillería en soportes de motores y el compresor, apretar si están flojos	A	10	10
18	1	Verificar la tubería y conexiones de estas por fugas y realizar limpieza completa de las tuberías	A	40	40
19	2	Verificar el exceso de gases no condensados y eliminarlos, exceso de refrigerante o limpiar serpentín	A	40	40
20	2	Verificar nivel del refrigerante por falta de este, el estado de la válvula y temperatura del condensador	S	5	260
21	2	Verificar el bulbo de la válvula de expansión del evaporador	M	5	60
22	2	Limpiar o cambiar filtros si se requieren, revisar accesorios para regulación de condensación.	M	10	120
23	1	Revisión del motor de la bomba por daños o vibraciones, además se debe realizar medición de voltajes	ST	10	20
24	2	Revisiones por fugas de las distribución del sistema de enfriamiento como tubería, mangueras, conexiones entre otras	ST	10	20
SISTEMA HIDRÁULICO					
1	2	Inspeccionar el estado de los motores, como las protecciones de esta.	ST	10	20
2	2	limpieza de la superficie de los motores utilizando un paño	M	15	180
3	1	Realizar mediciones de corriente y voltaje del motor y comparar los valores con el dato de placa	Q	10	260

4	2	Limpiar el filtro del aceite y reemplazar el filtro si se requiere	M	30	360
5	2	Inspección de las conexiones de las mangueras, por fugas, y la distribución completa del sistema. Si se presenta algún daño se debe reemplazar si lo requiere	D	5	1825
6	2	Verificar el estado de las Válvulas. Informar si alguna presenta algún daño	M	10	120
7	1	Verificar el nivel del tanque de aceite y si presenta algún tipo de contaminación	M	5	60
8	1	Inspeccionar el acople del motor - bomba por algún des-alineamiento, vibración o daño. Se debe informar para realizar el mantenimiento adecuado	ST	10	20
9	2	Inspeccionar las conexiones del motor principal, limpiarlas. Y verificar la alimentación eléctrica	ST	15	30
10	2	Verificar la tapa y conexiones del tanque de aceite y verificar que no hay fugas. Reparar si presenta alguna fuga	D	5	1825
11	2	Realizar limpieza del tanque de aceite y verificar fugas internas	A	25	25
12	2	Limpieza general del equipo, revisar tapas del tanque y otras para reducir contaminación del aceite	ST	10	20
13	2	Realizar la limpieza de las conexiones eléctricas de las electroválvulas y del panel de control del sistema	ST	20	40
SISTEMA NEUMÁTICO					
1		Verificar nivel de aceite (rellenar si así lo requiere por fecha).	S	3	156
2		Drenar la condensación que se acumula en el tanque para evitar la corrosión - Aliviar presión de aire en el sistema y abrir la llave de descompresión que se encuentra debajo del tanque	S	5	260
3		Inspeccionar el estado de la tensión de correa	T	3	12
4		Limpieza de Filtro de Aire	T	8	32
5		Cambio de Filtro	ST	12	24
6		Tire de la válvula de alivio para asegurarse de que esté operando correctamente y para eliminar cualquier obstrucción posible de la misma.	M	5	60
7		Compruebe que todas las conexiones estén ajustadas. Si sospecha la existencia de una fuga, rocíe una pequeña cantidad de agua jabonosa alrededor de la zona con una botella rociadora	ST	5	10
8		Inspeccionar el estado de las conexiones eléctricas	M	2	24

9		Limpieza general del equipo.	T	10	40
MARCADOR					
1	2	Aceitar el travesaño de guías laterales	S	5	260
2	2	Engrasar barras de tracción para pinzas de alimentación	M	5	60
3	2	Lubricar el alojamiento de la bomba de aire	M	5	60
4	2	Engrasar el árbol de guías delanteras	M	5	60
BOMBA DE BARNIZ					
1	2	Revisar el nivel del aceite del reductor.	S	3	156
2	2	Revisión de los diafragmas	M	5	60
3	2	Revisión de los cuerpos de la bomba.	ST	5	10
4	2	Revisar el estado correcto de los Check.	M	3	36
5	2	Limpiar los Filtros.	Q	6	156
6	2	Verificar el estado de las mangueras, que no estén ahorcadas o rotas.	S	5	260
SALIDA Y ENTRADA					
1	2	Limpieza del área de entrada de pliegos	Q	8	208
2	2	Engrase de baleros de entrada y salida	M	5	60
3	2	Limpieza de la salida	M	10	120
4	2	Engrase de los puentes de la prensa en salida	Q	5	130
5	2	Limpieza de estribo de mando	Q	8	208
6	2	Lavar entrada de maquina	M	10	120
7	2	Engrase de la cadena en la entrada de la máquina	M	5	60

Anexo 10: Stock de Repuesto

MAQUINA	REPUESTOS	CÓDIGO	CANTIDAD	PROVEEDOR	PRECIO (¢)	Total (¢)
PR-SM	Barra de presión Cilindro	MV, 038,322/02	2	Sommerus	15346,50	30693,00
PR-SM	Aspas Compresor	M2,102,2021	2	Sommerus	35850,00	71700,00
PR-SM	Rodamiento de Brazo Oxilante	1204ETN9/C3	6	Mafisa	3850,00	23100,00
PR-SM	Roles para Rodillos	00,50,1471	8	Sommerus	4250,00	34000,00
PR-SM	Rol	6202,2ZR	6	Mafisa	2400,00	14400,00
PR-GTO VP	Rol	HK 1612	6	Mafisa	3300,00	19800,00
PR-SM	Roles 6001	6001	8	Mafisa	2100,00	16800,00
PR-GTO VP	Roles 6001	6201	4	Mafisa	2100,00	8400,00
PR-SM	Roles 6003	6202	8	Mafisa	2400,00	19200,00
PR-SM	Roles 6203	6203	4	Mafisa	2500,00	10000,00
PR-SM	Roles 6004	6004	6	Mafisa	2800,00	16800,00
PR-GTO VP	Roles 6204	6204	6	Mafisa	2300,00	13800,00
PR-SM	Roles 63005	63005	8	Mafisa	2750,00	22000,00
PR-GTO VP	Rol NK-1520 R	NK-1520 R	6	Mafisa	2550,00	15300,00
PR-SM	Manguera 12 mm	NH-46-34	4	Enesa	14800,00	59200,00
PR-SM	Manguera 6 mm	NH-46-38	4	Enesa	12760,00	51040,00
PR-SM	Manguera 4 mm	NH-46-37	4	Enesa	6960,00	27840,00
PR-GTO VP	Roles Plancha	00.550	8	Mafisa	1171,06	9368,48
PR-SM	Rodamiento de Agujas	0.262	4	Mafisa	8667,85	34671,40
PR-SR	Rodamiento	6001	6	Mafisa	3280,00	19680,00
PR-SR	Rodamiento	6004	8	Mafisa	2960,00	23680,00
PR-SR	Rodamiento	6202	8	Mafisa	2300,00	18400,00
PR-GTO VP	Rodamiento	6001	6	Mafisa	2100,00	12600,00
PR-SR	Rodamiento	6003	8	Mafisa	2400,00	19200,00
PR-GTO VP	Rodamiento	6004	6	Mafisa	2800,00	16800,00

PR-SR	Rodamiento	SKF ROD.OSC/BOLAS/2H/C 20x47x14	4	Sommerus	17355,10	69420,40
PR-SR	Rodamiento	SKF ROD.OSC/BOLAS/2H/C 17x40x16	6	Sommerus	22180,80	133084,80
PR-GTO VP	Rodamiento	SKF ROD.RIG/BOLAS/1H 20x42x12	4	Sommerus	3274,80	13099,20
PR-SR	Rodamiento	6204	6	Mafisa	3651,55	21909,30
PR-SR	Rodamiento	6002	8	Mafisa	2744,75	21958,00
PR-SM	Cuchilla del Tintero	00.520.374	5	Sommerus	14147,20	70736,00
PR-GTO VP	Cuchilla del Tintero	25.080.185	4	Sommerus	13147,20	52588,80
PR-SR	Cuchilla del Tintero	S.26.R323	2	Sommerus	10147,20	20294,40
PR-SM	Filtro del aceite	00.600.0123	2	Sommerus	35154,00	70308,00
PR-GTO VP	Filtro del aceite	00.550.0081	2	Sommerus	30256,00	60512,00
PR-SR	Filtro del aceite	55.254.265	2	Sommerus	32456,00	64912,00
PR-SM	Filtro Compresor	48.123.646	2	Sommerus	41356,00	82712,00
PR-GTO VP	Filtro Compresor	42.090.006	2	Sommerus	38225,00	76450,00
PR-SR	Filtro Compresor	11.266.0053	2	Sommerus	35126,00	70252,00
PR-GTO VP	Rueda dentada LS	52.580.333	2	Sommerus	282673,04	565346,07
PR-SM	Rueda dentada LS	52.580.334/01	2	Sommerus	282673,04	565346,07
PR-SR	Rueda dentada LS	515.334/02	2	Sommerus	282673,04	565346,07
Total					¢ 1 291936,12	¢ 3 132 748,00
						\$ 5 594,19

Anexo 11: Balance Score Card

Sistema de indicadores propuesto para Litografía Moravia S.A.								
								
Tipo de perspectiva	Objetivo de la perspectiva	Indicador	Descripción	Fórmula	Unidades	Obtenido de	Valores a alcanzar	Frecuencia de cálculo
Costos	Mantener la inversión en mantenimiento externo en un rango aceptable en costo/beneficio para la empresa	Porcentaje de mantenimiento por terceros	Relaciona la relación de costo de mantenimiento externo con el costo total de mantenimiento	$\frac{\text{Servicio de terceros}}{\text{Costo de Mto (total)}}$	%	Facturas de mantenimiento externo	90%	Trimestral
	Mantener los costos del plan de mantenimiento en un rango aceptado por la gerencia que permita garantizar el funcionamiento de los equipos y a su vez conservar la rentabilidad del negocio	Proporción de material	Permite conocer el volumen de costos que representan las compras de material para Mto	$\frac{\text{Costo de materiales Mto}}{\text{Costo de Mto (total)}}$	%	Facturación de compra de materiales	85%	Trimestral
		Costos de personal de Mto	Relaciona el costo de personal con el costo total del plan de Mto	$\frac{\text{Costo del personal}}{\text{Costo de Mto (total)}}$	%	Formularios de inspecciones y órdenes de trabajo	90%	Trimestral
Cliente	Permitir que los equipos funcionen en el momento en que se requiere que estos lo hagan bajo condiciones operativas en un tiempo dado.	Confiabilidad	Determina la probabilidad de que el equipo cumpla su función sin fallas en un tiempo dado	$e^{-(t/MTTF)}$	%	Datos almacenados	80%	Trimestral
		Disponibilidad	Relaciona el tiempo de funcionamiento del equipo con el tiempo que se tardan reparándolo	$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	%	Datos almacenados	95%	Trimestral
Proceso	Proporcionar servicios de mantenimiento a la empresa de forma rápida y eficiente de forma que satisfaga las necesidades de la producción y con el menor caso de eventos inesperados y fallas	Razón de rendimiento	Compara las órdenes atendidas con el número de órdenes realizadas	$\frac{\text{Órdenes de Mto completadas}}{\text{Total de órdenes}}$	%	Registro de órdenes de trabajo e inspecciones	85%	Trimestral
	Controlar los intervalos de falla que posee la empresa, tiempo invertido por el personal de la empresa y el grado de planificación de las órdenes de trabajo	Tiempo medio entre reparaciones (MTTR)	Relaciona el tiempo que se tarda en arreglar fallas con el número de fallas	$\frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de averías}}$	h	Órdenes de trabajo	(5-10) horas	Trimestral
		Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Relaciona las horas operativas totales con el número de fallos	$\frac{\text{Tiempo operativo} - \text{Tiempo de paro no programado}}{\text{Cantidad de fallos}}$	h	Órdenes de trabajo	1008 ± 50	Trimestral
		Tiempo medio para fallar (MTTF)	Relaciona el tiempo que operó un ítem con la cantidad de fallas	$\frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Cantidad de fallos}}$	h	Órdenes de trabajo,	1008 ± 50	Trimestral
Personal	Regular el grado de calidad en la realización de los trabajos de mantenimiento para que estos cada vez sean realizados de mejor forma. Además de mantener en capacitaciones continuas y con nuevos conocimientos al personal para que realice de mejor forma su trabajo.	Proporción de calidad	Describe la cantidad de trabajos realizados incorrectamente o incompletos por el departamento	$\frac{\text{Órdenes de Mto con quejas}}{\text{Total de órdenes}}$	%	Retroalimentación de producción	30%	Trimestral
		Capacitaciones	Describe la cantidad de horas dedicadas a la capacitación en un tiempo determinado	Horas dedicadas a capacitación del personal	h	Hoja de información del departamento de Mto	20	Anual

Anexo 12: Formularios de inspecciones de mantenimiento

 Formulario de Inspecciones de Mantenimiento												Formulario N° _____	
Inspecciones Diarias - Semanales													
Equipo	Prensa Offset	Código	PR-____	Semana	_____ - _____ al _____ - _____								
No.	Actividades diarias	Día - Duración (min)											
		L	D	K	D	M	D	J	D	V	D	S	D
1	Inspección de clavijeros del tintero se encuentren limpios y regulados según la impresión a realizar												
2	Verificar que se realice la lubricación cada 30000 pliegos												
3	Verificar la presión de los rodillos distribuidores de la batería de entintadores												
4	Limpieza del cilindro porta planchas de las unidades impresoras												
5	Inspección de las conexiones de las mangueras, por fugas, y la distribución completa del sistema hidraulico. Si se presenta algún daño se debe reemplazar si lo requiere												
6	Verificar la tapa y conexiones del tanque de aceite y verificar que no hay fugas. Reparar si presenta alguna fuga												
No.	Actividades semanales	Día de la inspección: _____ - _____ - _____									Duración (min)		
1	Limpieza de la cuchilla del tintero y si se encuentra algún ruptura o sin filo se debe realizar el cambio de la cuchilla												
2	Revisión de parámetros de operación (Presión y Voltaje) del sistema de enfriamiento												
3	Revisión de la presión de salida y la presión interna del compresor												
4	Inspección por fugas en el equipo en el sistema de enfriamiento												
5	Verificar nivel del refrigerante por falta de este, el estado de la válvula y temperatura del condensador												
6	Verificar nivel de aceite (rellenar si así lo requiere por fecha) del compresor principal												
7	Drenar la condensación que se acumula en el tanque para evitar la corrosión - Aliviar presión de aire en el sistema y abrir la llave de descompresion que se encuentra debajo del tanque												
Firma Coordinador Mto.		Firma Técnico o Operario											
Nota:													
		L	D										
"✓" de que se realizó la actividad, "X" de que no se realizó				Duración en minutos que duró realizando la actividad									
Lunes (L)		Martes (K)	Miércoles (M)	Jueves (J)	Viernes (V)	Sábado (S)							



Formulario de Inspecciones de Mantenimiento

No.	OBSERVACIONES DIARIAS		
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
No.	OBSERVACIONES SEMANALES		
11			
12			
Firma Coordinador Mto.		Firma Técnico o Operario	



Formulario N°

Formulario de Inspecciones de Mantenimiento

Inspecciones Quincenale - Mensuales

Equipo	Prensa Offset	Código	PR-____	Nombre		
No.	Actividades mensuales				Día de la inspección	Duración (min)
1	Revisión de la cuchilla del tintero por desgaste del filo o ruptura				___-___-___	
2	Realizar la lubricación manual de los puntos que lo requieran				___-___-___	
3	Inspección de la distribución de tubería de solución, por si presenta fugas y conexiones de las mangueras.				___-___-___	
4	Limpieza de Mordazas del cilindro				___-___-___	
5	Medición de la corriente y voltaje del motor eléctrico principal				___-___-___	
6	Revisión de pinzas de sujeción de entrada por quebraduras, desgaste o se encuentran mal colocadas				___-___-___	
7	Limpieza de pinzas de sujeción de entrada				___-___-___	
8	Inspeccionar los interruptores y sobrecargas				___-___-___	
9	Inspección visual de la unidad para detectar elementos sueltos, dañados y fugas de gas refrigerante				___-___-___	
10	Inspeccionar las protecciones de Amperaje				___-___-___	
11	Inspección del nivel del aceite como la presión de esta				___-___-___	
12	Verificar el bulbo de la válvula de expansión del evaporador				___-___-___	
13	Limpiar o cambiar filtros si se requieren, revisar accesorios para regulación de condensación.				___-___-___	
14	limpieza de la superficie de los motores utilizando un paño				___-___-___	
15	Limpiar el filtro del aceite y reemplazar el filtro si se requiere				___-___-___	
16	Verificar el estado de las Válvulas. Informar si alguna presenta algún daño				___-___-___	
17	Verificar el nivel del tanque de aceite y si presenta algún tipo de contaminación				___-___-___	
18	Tire de la válvula de alivio para asegurarse				___-___-___	
19	Inspeccionar el estado de las conexiones eléctricas				___-___-___	
20	Engrasar barras de tracción para pinzas de alimentación				___-___-___	
21	Lubricar el alojamiento de la bomba de aire				___-___-___	
22	Engrasar el arbol de guías celanteras				___-___-___	
23	Revision de los diafragmas				___-___-___	
24	Revisar el estado correcto de los Check.				___-___-___	
25	Engrase de baleros de entrada y salida				___-___-___	
26	Limpieza de la salida				___-___-___	
27	Lavar entrada de maquina				___-___-___	
28	Engrase de la cadena en la entrada de la maquina				___-___-___	
No.	Actividades Quincenales				Día de la inspección	Duración (min)
1	Realizar mediciones de corriente y voltaje del motor y comparar los valores con el dato de placa				___-___-___	
2	Limpiar los Filtros del compresor				___-___-___	
3	Limpieza del area de entrada de pliegos				___-___-___	
4	Engrase de los puentes de la prensa en salida				___-___-___	
5	Limpieza de estribo de mando				___-___-___	
Firma Coordinador Mto.				Firma Técnico o Operario		
Nota:						



Formulario de Inspecciones de Mantenimiento

Inspecciones Trimestrales - Semestrales

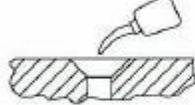
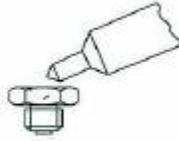
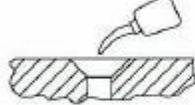
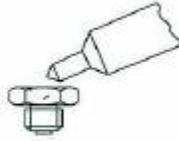
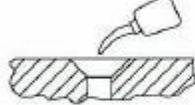
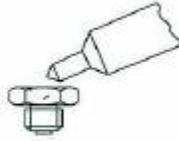
Equipo	Prensa Offset	Código	PR-____	Nombre			
No.	Actividades Semestrales					Día de la inspección	Duración (min)
1	Revisión de clavijas en los extremos del tintero, si están dañadas realizar el reemplazo					___-___-___	
2	Inspección de la superficie de la batería de rodillos entintadores no contengan pigmentos de tinta seca, o					___-___-___	
3	Inspección de la superficie de la batería de rodillos de humectación no contengan pigmentos de tinta seca, o					___-___-___	
4	Revisión del motor eléctrico y la faja de transmisión					___-___-___	
5	Cambio de rodamientos según la frecuencia establecida por el fabricante de los rodillos de humectación					___-___-___	
6	Revisión de los dosificadores de humectación y reemplazar si se requiere					___-___-___	
7	Inspección de los rodillos tomadores del sistema de humectación					___-___-___	
8	Lubricación de rodamientos del cilindro porta planchas					___-___-___	
9	Reemplazar los rodamientos si lo requieren					___-___-___	
10	Verificar la superficie del cilindro porta mantilla que no presente daños, desgaste, suciedad o tinta seca					___-___-___	
11	Lubricación de rodamientos del cilindro porta mantilla					___-___-___	
12	Revisión de la faja de transmisión y cambio si se requiere					___-___-___	
13	Reemplazar los fusibles si estos están dados					___-___-___	
14	Revisión del funcionamiento del termostato, si esta dañado reemplazarlo					___-___-___	
15	Revisión del motor de ventilador por daños o vibraciones, además se debe realizar medición de voltajes					___-___-___	
16	Revisión del motor de la bomba por daños o vibraciones, además se debe realizar medición de voltajes					___-___-___	
17	Revisiones por fugas de las distribución del sistema de enfriamiento como tubería, mangueras, conexiones					___-___-___	
18	Inspeccionar el estado de los motores, como las protecciones de esta.					___-___-___	
19	Inspeccionar el acople del motor - bomba por algún desalineamiento, vibración o daño. Se debe informar					___-___-___	
20	Inspeccionar las conexiones del motor principal, limpiarlas. Y verificar la alimentación eléctrica					___-___-___	
21	Limpieza general del equipo, revisar tapas del tanque y otras para reducir contaminación del aceite					___-___-___	
22	Realizar la limpieza de las conexiones eléctricas de las electroválvulas y del panel de control del sistema					___-___-___	
23	Cambio de Filtro					___-___-___	
24	Compruebe que todas las conexiones estén ajustadas. Si sospecha la existencia					___-___-___	
25	Revisión de los cuerpos de la bomba.					___-___-___	
No.	Actividades trimestrales					Día de la inspección	Duración (min)
1	Inspeccionar el estado de la tensión de correa					___-___-___	
2	Limpieza de Filtro de Aire					___-___-___	
3	Limpieza general del equipo.					___-___-___	
Firma Coordinador Mto.			Firma Técnico o Operario				

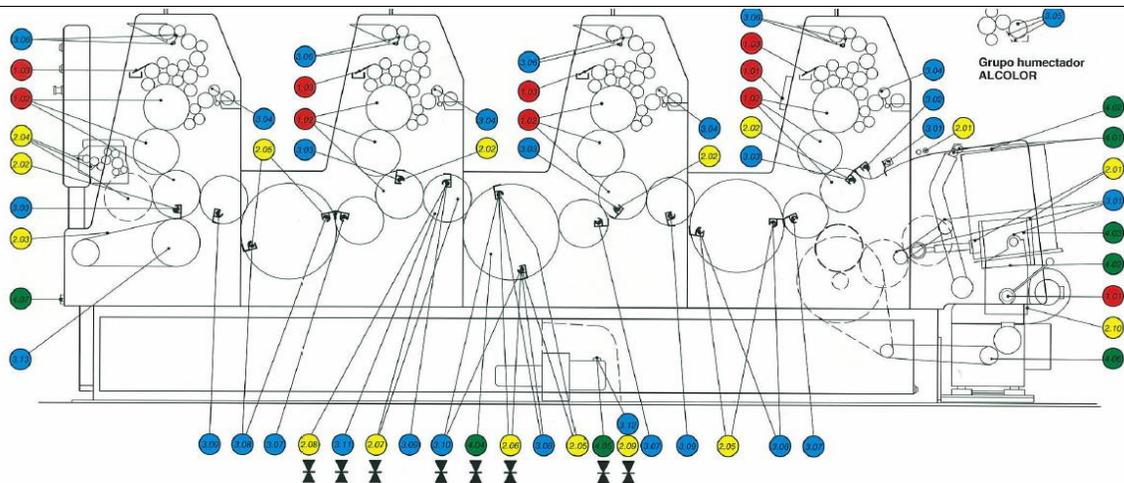


Formulario de Inspecciones de Mantenimiento

Inspecciones Anuales						
Equipo	Prensa Offset	Código	PR-____	Nombre		
No.	Actividades Semestrales				Día de la inspección	Duración (min)
1	Revisión de mordazas del cilindro Porta Planchas por quebraduras, desgaste o se encuentran mal colocadas				____-____-____	
2	Revisión y limpieza de los rodillos de la unidad del color				____-____-____	
3	Reemplazo de rodamientos si se requiere				____-____-____	
4	Realizar la medición de voltaje, revisar los cables del panel				____-____-____	
5	Inspeccionar sistema de control y realizar prueba de la secuencia de los controles en general				____-____-____	
6	Inspeccionar y limpieza general del panel de control				____-____-____	
7	Revisar estado del motor del compresor y de los ventiladores sobre conexiones o vibraciones				____-____-____	
8	Limpieza de los condensadores así como los serpentines según sea el estado de estos				____-____-____	
9	Limpieza del serpentín y del evaporador				____-____-____	
10	Verificar la tornillería en soportes de motores y el compresor, apretar si están flojos				____-____-____	
11	Verificar la tubería y conexiones de estas por fugas y realizar limpieza completa de las tuberías				____-____-____	
12	Verificar el exceso de gases no condensados y eliminarlos, exceso de refrigerante o limpiar serpentín				____-____-____	
13	Realizar limpieza del tanque de aceite y verificar fugas internas				____-____-____	
Firma Coordinador Mto.				Firma Técnico o Operario		
Nota:						

Anexo 13: Manuales de mantenimiento

Manual de Mantenimiento Diario para la Prensa Offset											
Código: PR - SM		Área: Prensa									
Instrucciones de Seguridad											
Utilice guantes limpios, cofia, lentes y sea cuidadoso al manual de instrucciones											
											
Recursos Necesarios											
											
<i>Engrasadora Manual</i>	<i>Aceite</i>	<i>Trapos</i>	<i>Aceitadora Manual</i>								
Método de Aplicación											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"><i>Orificios para aceite y puntos de lubricación abiertos</i> </td> <td style="text-align: center;"><i>Boquillas para aceite</i> </td> <td style="text-align: center;"><i>Boquillas para grasa</i> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rociador</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Con aceitera (con bomba para grasa)</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Con prensa para aceite (bomba manual corta)</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Con bomba para grasa (bomba manual larga)</i></td> </tr> </table>					<i>Orificios para aceite y puntos de lubricación abiertos</i> 	<i>Boquillas para aceite</i> 	<i>Boquillas para grasa</i> 	<i>Rociador</i>	<i>Con aceitera (con bomba para grasa)</i>	<i>Con prensa para aceite (bomba manual corta)</i>	<i>Con bomba para grasa (bomba manual larga)</i>
	<i>Orificios para aceite y puntos de lubricación abiertos</i> 	<i>Boquillas para aceite</i> 	<i>Boquillas para grasa</i> 								
<i>Rociador</i>	<i>Con aceitera (con bomba para grasa)</i>	<i>Con prensa para aceite (bomba manual corta)</i>	<i>Con bomba para grasa (bomba manual larga)</i>								
Trabajos Previos											
<p>Notifique a la línea de producción y empleados involucrados</p> <p>Apague el equipo por completo</p> <p>Retiro material no necesario</p> <p>Limpie el área de trabajo primero y luego realice lo especificado en el manual</p>											
Puntos de Trabajo Rojos ●											



N°	Elemento	Descripción	Actividad
1.02	Cilindros	Limpeza de la superficie de cilindros y anillos guía	Limpeza
1.03	Rasqueta	Limpeza de rasqueta después de cada lavado	Limpeza
-	Rodillos	Limpeza de los rodillos al terminar cada turno	Limpeza

Reinicio del Equipo

Notifique a la línea de producción empleados involucrados que se reinicia operaciones
 Asegure los dispositivos de seguridad están en su lugar
 Encienda la maquina
 El supervisor debe verificar la correcta operación del equipo

Manual de Mantenimiento Semanal para la Prensa Offset

Código: PR - SM

Área: Prensa

Instrucciones de Seguridad

Utilice guantes limpios, cofia, lentes y sea cuidadoso al manual de instrucciones



Recursos Necesarios



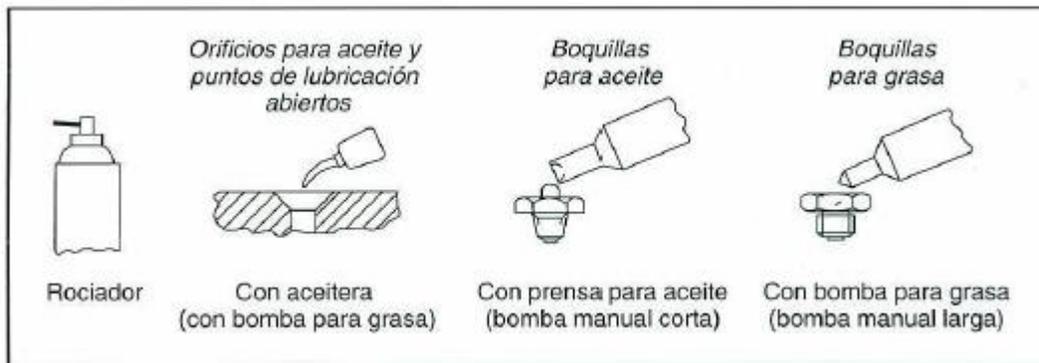
Engrasadora Manual

Aceite

Trapos

Aceitadora Manual

Método de Aplicación



Trabajos Previos

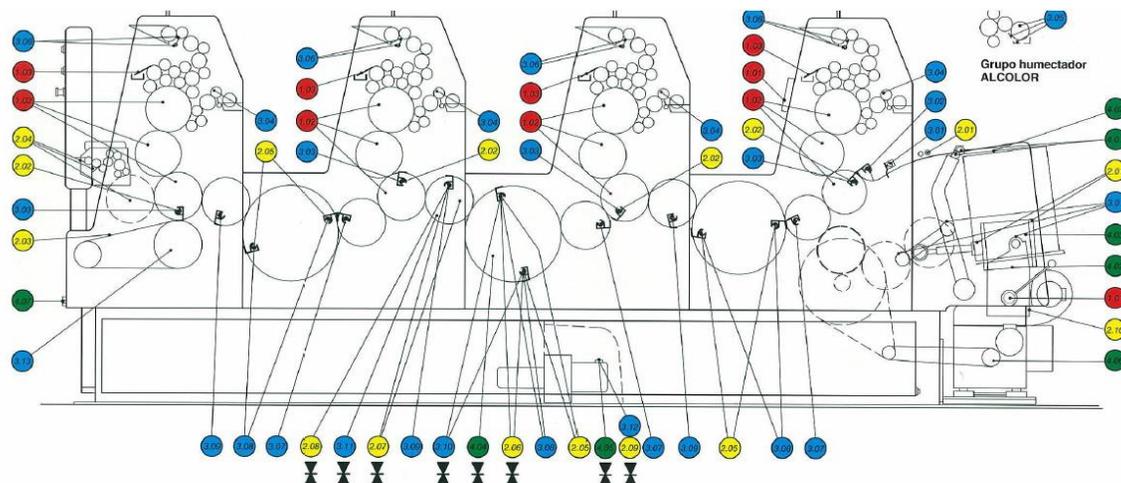
Notifique a la línea de producción y empleados involucrados

Apague el equipo por completo

Retiro material no necesario

Limpie el área de trabajo primero y luego realice lo especificado en el manual

Puntos de Trabajo Amarillos



N°	Elemento	Descripción	Actividad
2.01	Marcador	Aceitar el travesaño de guías laterales	Lubricar
2.01	Bomba de aire	Limpiar el tamiz de polvo y el filtro	Limpieza
2.01	Bomba de aire	Engrasar el cojinete del vástago de embolo	Engrasar
-	Bomba neumática	Limpiar el filtro con producto de lavado y secar con un paño limpio o aire comprimido	Limpieza
-	Bomba neumática	Limpieza del tamiz de retención	Limpieza
2.02	Cilindro de impresión	Lubricación de pinzas	Lubricar
2.02	Cilindro de impresión	Engrasar rodillo de leva del lado servicio de la maquina	Engrasar
2.03	Salida	Lubricar las cadenas de la salida	Lubricar
2.04	Dispositivo de numeración	Engrasar Cojinete del árbol numerador del lado de servicio	Lubricar
2.04	Dispositivo de numeración	Lubricador el grupo entintado del lado de impulsión	Lubricar
2.04	Dispositivo de numeración	Engrasar piezas laterales del tintero del lado de impulsión y del lado de servicio	Engrasar
2.04	Dispositivo de numeración	Lubricar el cojinete del cilindro distribuidor del lado de impulsión y lado de servicio	Lubricar
2.05	Tambor de entrega (todos los cilindros)	Engrasar rodillo de abertura pinzas del lado de impulsión	Engrasar
2.06	Tambor de entrega (todos los cilindros)	Engrasar rodillo de abertura pinzas del lado de impulsión	Engrasar
2.07	Cilindro de inversión	Lubricar pinzas	Lubricar
2.07	Cilindro de inversión	Engrasar rodillo de movimiento de pinzas en el lado de impulsión y de servicio	Engrasar
2.07	Cilindro de inversión	Engrasar piñón y segmentos dentados	Engrasar
2.07	Cilindro de inversión	Engrasar Cojinete de pinzas	Engrasar
2.07	Cilindro de inversión	Engrasar Cojinete de pinzas del lado de impulsión	Engrasar

2.09	Compresor	Limpieza de filtros	Limpieza
2.09	Bomba de vacío	Limpieza de filtros	Limpieza
2.10	Lubricación Central	Revisar el nivel de aceite en el depósito de aceite y rellenar si es necesario	Inspección
<i>Reinicio del Equipo</i>			
<p>Notifique a la línea de producción empleados involucrados que se reinicia operaciones</p> <p>Asegure los dispositivos de seguridad están en su lugar</p> <p>Encienda la maquina</p> <p>El supervisor debe verificar la correcta operación del equipo</p>			

Manual de Mantenimiento Mensuales para la Prensa Offset

Código: PR - SM

Área: Prensa

Instrucciones de Seguridad

Utilice guantes limpios, cofia, lentes y sea cuidadoso al manual de instrucciones



Recursos Necesarios



Engrasadora Manual



Aceite

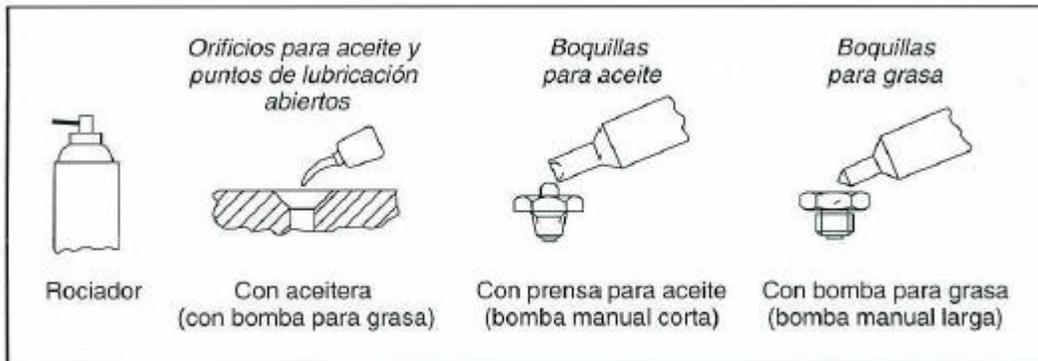


Trapos



Aceitadora Manual

Método de Aplicación



Trabajos Previos

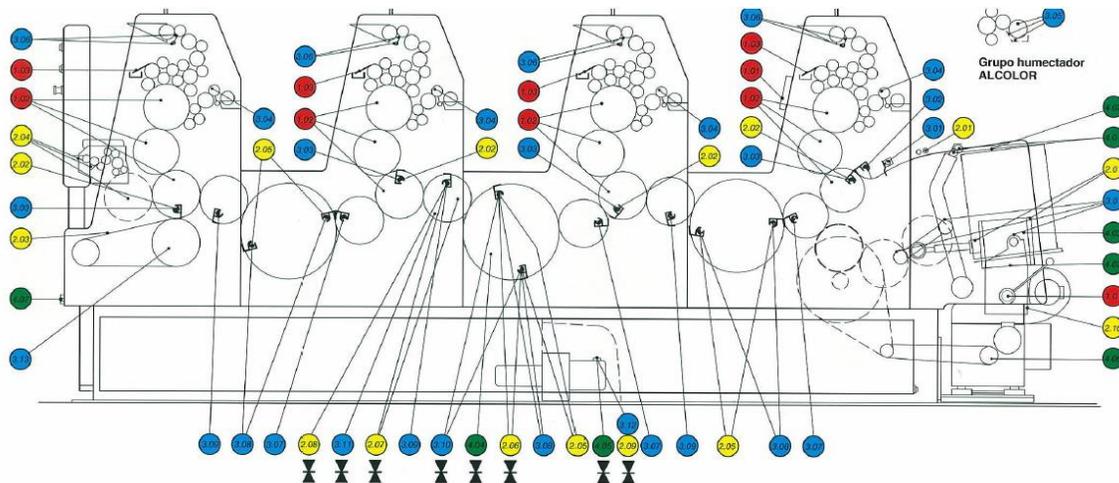
Notifique a la línea de producción y empleados involucrados

Apague el equipo por completo

Retiro material no necesario

Limpie el área de trabajo primero y luego realice lo especificado en el manual

Puntos de Trabajo Azules ●



N°	Elemento	Descripción	Actividad
3.01	Marcador	Engrasar barras de tracción para pinzas de alimentación	Engrasar
3.01	Marcador	Lubricar el alojamiento de la bomba de aire	Lubricar
3.01	Marcador	Engrasar el árbol de guías delanteras	Engrasar
3.02	Pinzas Oscilantes	Engrasar la boquilla exterior desde el lado del marcador y la boquilla central desde el lado de salida	Engrasar
3.02	Pinzas Oscilantes	Engrasar el rodillo de leva del lado de impulsión desde el marcador	Engrasar
3.03	Cilindro de inversión	Engrasar el cilindro de inversión	Engrasar
3.04	Grupo humectador con tomador	Engrasar el lado de acero extraíble del lado de impulsión y lado de servicio	Engrasar
3.04	Grupo humectador con tomador	Engrasar de cada lado el cojinete tomador del lado de servicio y de impulsión	Engrasar
3.04	Grupo humectador con tomador	Lubricar los cabezales barra muelle para tomador de lado de servicio e impulsión	Lubricar
3.05	Grupo humectador ALCOLOR	Engrasar ruedas intermedias del lado de impulsión	Engrasar
3.05	Grupo humectador ALCOLOR	Engrasar cojinete de rodillo inmersor del lado de impulsión	Engrasar
3.06	Grupo entintado	Engrasar cada lado de los cabezales barra muelle para tomador del lado de impulsión y de servicio	Engrasar
3.07	Cilindro de entrega 1 del cuerpo impresor	Engrasar cojinete de central del árbol de pinzas	Engrasar
3.07	Cilindro de entrega 1 del cuerpo impresor	Engrasar el árbol de pinzas del lado de impulsión	Engrasar
3.07	Cilindro de entrega 1 del cuerpo impresor	Engrasar el cojinete del árbol de pinzas de lado de servicio	Engrasar
3.07	Cilindro de entrega 1 del cuerpo impresor	Engrasar palanca de árbol apertura de pinzas, rodillo de leva lado de servicio	Engrasar
3.08	Tambor de entrega 2, todos los cuerpos	Engrasar cojinete central árbol de pinzas	Engrasar

	impresores		
3.08	Tambor de entrega 2, todos los cuerpos impresores	Engrasar el cojinete de árbol de pinzas	Engrasar
3.09	Cilindro de entrega 3 (cuerpo impresor 2,3,4)	Engrasar el cojinete central de árbol de pinzas	Engrasar
3.09	Cilindro de entrega 3 (cuerpo impresor 2,3,4)	Engrasar cojinete de árbol de pinzas de lado de servicio	Engrasar
3.09	Cilindro de entrega 3 (cuerpo impresor 2,3,4)	Engrasar árbol de pinzas de lado de impulsión	Engrasar
3.09	Cilindro de entrega 3 (cuerpo impresor 2,3,4)	Palanca de árbol de abertura de pinzas, rodillo de leva lado de servicio	Lubricar
3.10	Tambor Almacén	Engrasar cojinete de árbol de pinzas	Engrasar
3.11	Cilindro de inversión	Engrasar rodamiento del cilindro de inversión	Engrasar
3.12	Bomba de vacío	Cambio de aceite	Reemplazo
3.13	Rodillos de aspiración de salida	Engrasar lado de impulsión	Engrasar
3.13	Rodillos de aspiración de salida	Engrasar lado de servicio	Engrasar
<i>Reinicio del Equipo</i>			
<p>Notifique a la línea de producción empleados involucrados que se reinicia operaciones Asegure los dispositivos de seguridad están en su lugar Encienda la máquina El supervisor debe verificar la correcta operación del equipo</p>			

Manual de Mantenimiento Semanal para la Prensa Offset

Código: PR - SM

Área: Prensa

Instrucciones de Seguridad

Utilice guantes limpios, cofia, lentes y sea cuidadoso al manual de instrucciones



Recursos Necesarios



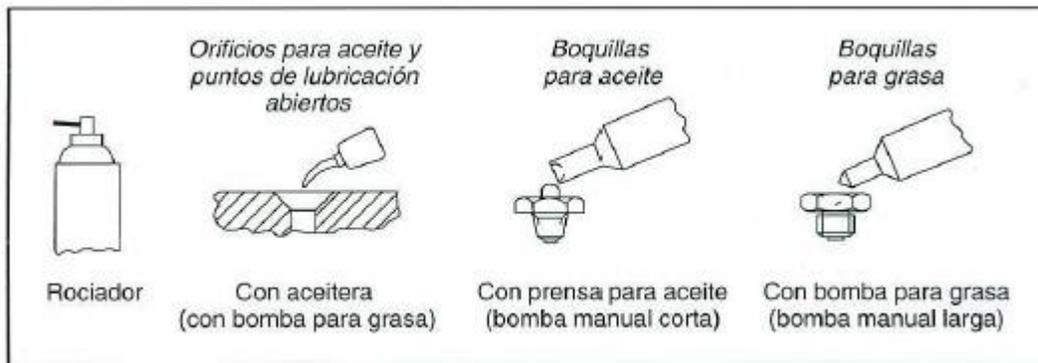
Engrasadora Manual

Aceite

Trapos

Aceitadora Manual

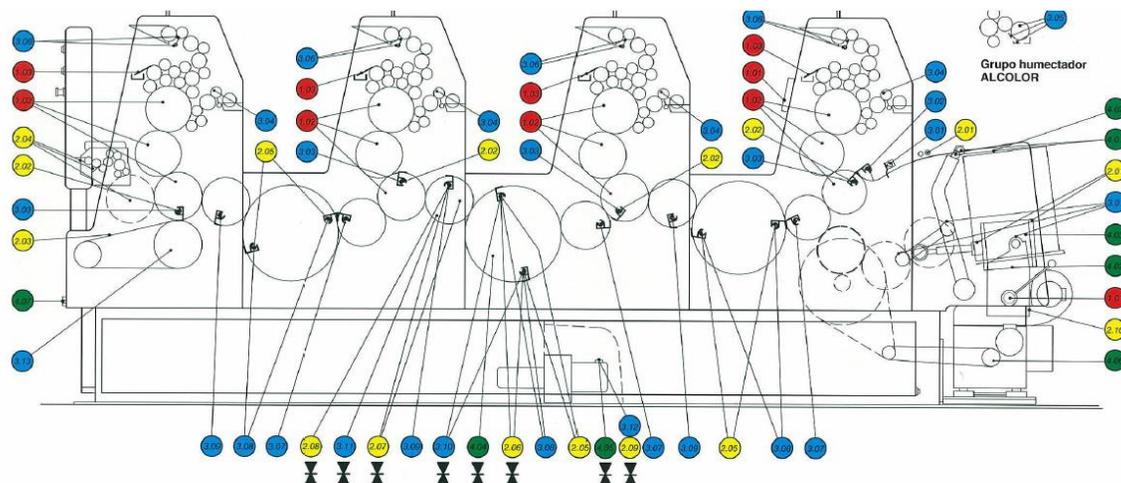
Método de Aplicación



Trabajos Previos

Notifique a la línea de producción y empleados involucrados
 Apague el equipo por completo
 Retiro material no necesario
 Limpie el área de trabajo primero y luego realice lo especificado en el manual

Puntos de Trabajo Verdes ●



N°	Elemento	Descripción	Actividad
4.01	Barra Aspiración	Lubricar a cada lado la barra de aspiración del lado de impulsión y de servicio	Lubricar
4.01	Pinzas de alimentación	Lubricar rodillo de apertura de pinzas	Lubricar
4.01	Pinzas de alimentación	Engrasar cojinete de palanca doble de apertura	Engrasar
4.02	Transporte mesa apilar	Lubricar a cada lado el cojinete del lado de servicio y de impulsión	Lubricar
4.03	Bomba de aire	Lubricar el émbolo de la bomba	Lubricar
4.04	Tambor Almacén	Engrasar parte basculante del LI y LS	Engrasar
4.05	Bomba de vacío	Cambio de filtro de bomba	Reemplazo
4.06	Motor	Revisión del estado del motor	Inspección
4.07	Lubricación Central	Purgar el aceite del depósito a través de los tornillos blancos de salida	Lubricar

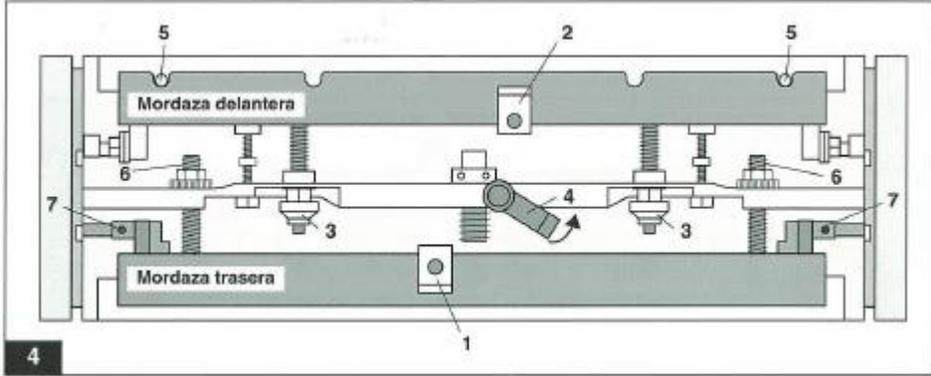
Reinicio del Equipo

Notifique a la línea de producción empleados involucrados que se reinicia operaciones
 Asegure los dispositivos de seguridad están en su lugar
 Encienda la maquina
 El supervisor debe verificar la correcta operación del equipo

Anexo 14: Auditoría de Covenin

SISTEMA DE MANTENIMIENTO FICHA DE EVALUACIÓN															
FECHA:	ENERO 2018														
EVALUADOR:	JOSÉ PABLO GÓMEZ MARTÍNEZ														
EMPRESA:	LITOGRAFÍA MORAVIA S.A.														
# EVALUACIÓN:	1														
AREA	PRINCIPIO BASICO	PTS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	#	TOTAL DEMERITOS	PTS TOTALES	% PUNTUACION GRAFICA
I ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	1. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES	60	10	10	0	X	X	X	X	X	X	X	20	40	67%
	2. AUTORIDAD Y AUTONOMIA	40	5	5	0	10	X	X	X	X	X	X	20	20	50%
	3. SISTEMA DE INFORMACION	50	0	0	0	0	0	0	0	X	X	X	0	50	100%
	TOTAL OBTENIBLE	150	TOTAL POR AREA										110	73%	
II ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO	1. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES	80	15	8	15	5	10	15	X	X	X	X	68	12,5	16%
	2. AUTORIDAD Y AUTONOMIA	50	8	8	0	0	X	X	X	X	X	X	15	35	70%
	3. SISTEMA DE INFORMACION	70	8	15	5	5	0	5	X	X	X	X	38	32,5	46%
	TOTAL OBTENIBLE	200	TOTAL POR AREA										80	40%	
III PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO	1. OBJETIVOS Y METAS	70	10	10	8	15	X	X	X	X	X	X	43	27,5	39%
	2. POLITICAS PARA PLANIFICACION	70	20	10	15	15	X	X	X	X	X	X	60	10	14%
	3. CONTROL Y EVALUACION	60	5	5	5	10	5	0	3	5	X	X	38	22,5	38%
	TOTAL OBTENIBLE	200	TOTAL POR AREA										60	30%	
IV MANTENIMIENTO RUTINARIO	1. PLANIFICACION	100	10	10	10	20	0	5	X	X	X	X	55	45	45%
	2. PROGRAMACION E IMPLANTACION	80	15	10	10	5	0	10	5	0	X	X	55	25	31%
	3. CONTROL Y EVALUACION	70	5	8	5	10	5	5	20	X	X	X	58	12,5	18%
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL POR AREA										82,5	33%	
V MANTENIMIENTO PROGRAMADO	1. PLANIFICACION	100	20	15	8	20	5	10	10	X	X	X	88	12,5	13%
	2. PROGRAMACION E IMPLANTACION	80	10	10	15	10	0	15	X	X	X	X	60	20	25%
	3. CONTROL Y EVALUACION	70	15	5	10	3	5	5	10	X	X	X	53	17,5	25%
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL POR AREA										50	20%	
VI MANTENIMIENTO CIRCUNSTANCIAL	1. PLANIFICACION	100	10	20	10	10	20	X	X	X	X	X	70	30	30%
	2. PROGRAMACION E IMPLANTACION	80	15	15	0	15	15	X	X	X	X	X	60	20	25%
	3. CONTROL Y EVALUACION	70	15	15	10	10	10	X	X	X	X	X	60	10	14%
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL POR AREA										60	24%	
VII MANTENIMIENTO CORRECTIVO	1. PLANIFICACION	100	15	30	10	10	X	X	X	X	X	X	65	35	35%
	2. PROGRAMACION E IMPLANTACION	80	20	10	10	10	X	X	X	X	X	X	50	30	38%
	3. CONTROL Y EVALUACION	70	15	8	10	20	X	X	X	X	X	X	53	17,5	25%
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL POR AREA										82,5	33%	
VIII MANTENIMIENTO PREVENTIVO	1. DETERMINACION DE PARAMETROS	80	10	20	20	10	5	X	X	X	X	X	65	15	19%
	2. PLANIFICACION	40	20	10	X	X	X	X	X	X	X	X	30	10	25%
	3. PROGRAMACION E IMPLANTACION	70	10	15	8	10	10	X	X	X	X	X	53	17,5	25%
	4. CONTROL Y EVALUACION	60	8	15	5	20	X	X	X	X	X	X	48	12,5	21%
TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL POR AREA										40	16%		
IX MANTENIMIENTO POR AVERÍA	1. ATENCION A LAS FALLAS	100	10	20	15	15	8	8	X	X	X	X	75	25	25%
	2. SUPERVISION Y EJECUCION	80	10	8	5	10	5	5	3	10	X	X	55	25	31%
	3. INFORMACION SOBRE LAS AVERIAS	70	10	10	20	20	X	X	X	X	X	X	60	10	14%
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL POR AREA										60	24%	
X PERSONAL DE MANTENIMIENTO	1. CUANTIFICACION DE LAS NECESIDADES DE PERSONAL	70	30	20	20	X	X	X	X	X	X	X	70	0	0%
	2. SELECCIÓN Y FORMACION	80	10	10	10	10	5	10	10	10	X	X	75	5	6%
	3. MOTIVACION E INCENTIVOS	50	10	10	10	10	X	X	X	X	X	X	40	10	20%
	TOTAL OBTENIBLE	200	TOTAL POR AREA										15	8%	
XI APOYO LOGISTICO	1. APOYO ADMINISTRATIVO	40	5	10	10	3	5	X	X	X	X	X	33	7,5	19%
	2. APOYO GERENCIAL	40	10	10	10	5	5	X	X	X	X	X	40	0	0%
	3. APOYO GENERAL	20	5	5	X	X	X	X	X	X	X	X	10	10	50%
	TOTAL OBTENIBLE	100	TOTAL POR AREA										17,5	18%	
XII RECURSOS	1. EQUIPOS	30	3	3	3	3	5	5	X	X	X	X	20	10	33%
	2. HERRAMIENTAS	30	5	5	3	5	5	X	X	X	X	X	23	7,5	25%
	3. INSTRUMENTOS	30	3	3	3	3	5	5	X	X	X	X	20	10	33%
	4. MATERIALES	30	3	0	2	2	3	0	0	0	0	3	12	18	60%
	5. REPUESTOS	30	3	0	2	3	2	0	3	0	0	3	15	15	50%
	TOTAL OBTENIBLE	150	TOTAL POR AREA										43	29%	
PUNTAJACION MAXIMA OBTENIBLE		2500	PUNTAJACION OBTENIDA TOTAL										700,5	PORCENTAJE GLOBAL	28%

Anexo 15: Lección de un Punto

<h1>OPL – 1SM</h1>	
Departamento: Mantenimiento	Equipo: PR-SM
Procedimiento: Cambio de planchas del cilindro	Página: 1/1
	
<p>Antes de reemplazar la plancha</p> <ol style="list-style-type: none">1) Informe al personal cercano que va realizar el cambio de planchas para evitar el accionamiento del equipo2) Verifique que se encuentre el mando giratorio en el punto de ASEGURAR. <p>Reemplazar la plancha</p> <ol style="list-style-type: none">1) Abra la protección y puntee (gire el cilindro) de la máquina hasta que quede accesible el canal del cilindro.2) Quite el recubrimiento del canal.3) Abra con la llave de punto la excéntrica tensora (Fig. 4/1) de la mordaza trasera y extraiga de la mordaza el final o salida de la plancha.4) Accione la tecla hacia ATRÁS, sujete con la mano el borde trasero de la plancha y saque la plancha punteado.5) Suelte la excentricidad tensora de la mordaza delantera (Fig. 4/2) y saque de la unidad impresora la plancha usada.6) Suelte los tornillos tensores de la mordaza delantera (Fig. 4/3), hasta que queden completamente destensados. La mordaza está en posición cero.	

- 7) Suelte del todo los tornillos moleteados (Fig. 4/6) y colóquese verticalmente el cerrojo (Fig.4/4), con objeto de descargar la mordaza.
- 8) Accione el interruptor basculante de la plancha y haga girar la máquina una vuelta completa, para que la plancha pueda colocarse bajo presión.
- 9) Introduzca la nueva plancha en la mordaza delantera, hasta que haga tope con los pernos (Fig. 4/5) del sistema de registro y apriete con excentricidad tensora.
- 10) Con la tecla ADELANTE, haga entrar la plancha hasta el final de impresión, introduzca en la mordaza trasera y apriete la excentricidad tensora con la llave de punto. Haga girar el cerrojo (Fig.4/4) en la dirección de la flecha.
- 11) Haga girar los tornillos moleteados (Fig. 4/6) con la mano y a continuación aplique ligeramente con la llave de horquilla.
- 12) Accione el interruptor basculante, desconecte la presión de la máquina y haga girar una vuelta completa
- 13) Reapriete los tornillos moleteados de la salida de impresión (Fig. 4/6) y a continuación apriete ligeramente los tornillos tensores (Fig. 4/3) de la entrada de impresión. De este modo la plancha se aplica correctamente al borde del cilindro.
- 14) Coloque el recubrimiento del canal.

Después de Reemplazar la plancha

- 1) Cambie la posición del mando giratorio en ON.
- 2) Indica al personal que se finaliza el cambio de planchas.

Diseño: José Pablo Gómez Fecha: 10/05/18	Revisó: José Pablo Montero Fecha: 16/05/18	Aprobado por: Victor Julio Montero Fecha: 17/05/18
--	--	--

OPL – 2SM

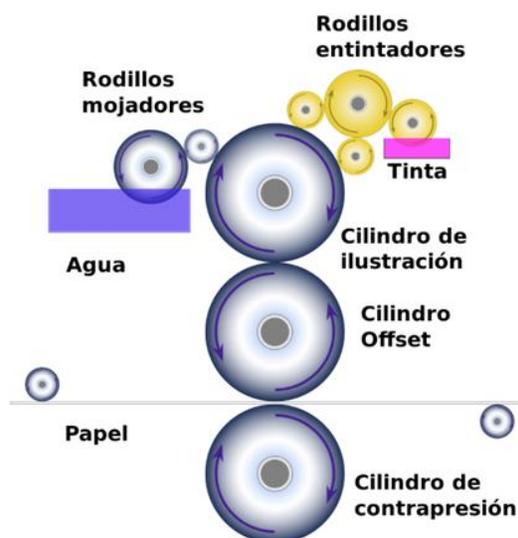


Departamento: Mantenimiento

Equipo: PR-SM

Procedimiento: Limpieza de los rodillos

Página: 1/1



Preparación de Rodillos

- 1) Vaciar primero la tinta del tintero.
- 2) Desaloje la solución de fuente de la pileta.
- 3) Cierre la llave de paso de la solución de fuente.
- 4) Abra la llave de paso de vaciado y desaloje la solución de fuente.
- 5) Proceda a montar la rasqueta.

Limpieza de cuerpo entintador

- 1) Limpie la maquina en funcionamiento y aumente el número de revoluciones hasta alcanzar el número de revoluciones en el régimen de limpieza (4000 – 5000 impresiones/ hora).
- 2) Acople el rodillo del tintero.
- 3) Aplique le producto de lavado por pulverización.

- 4) Acople la rasqueta

Limpieza de grupo humectador

- 1) Establezca contacto entre el cuerpo entintador y el grupo humectador (situando el rodillo entintador en la posición inferior.
- 2) Ubique la palanca en la posición humectación conectada.
- 3) Verifique si existe contacto entre el rodillo de inmersión y el rodillo dosificador. En el caso de no ser así, proceda a unirlos.
- 4) Lave hasta que el grupo humectador este casi limpio y solamente procedemos con el siguiente paso.
- 5) Acople los rodillos entintadores y dadores de agua a la plancha.
- 6) Aplique algo de agua, por pulverización, hasta que la plancha quede limpia.
- 7) Vuelva a limpiar a fondo el cuerpo entintador y el grupo humectador con agua.

Después de realizar la limpieza.

- 1) Desacople de la plancha los rodillos entintadores y humectación.
- 2) Detenga la máquina.
- 3) Desacople la rasqueta.
- 4) Frote el labio de goma de la rasqueta y desaloje las salpicaduras del producto de lavado de la pileta bajo presión.
- 5) Separe el rodillo inmersor del rodillo dosificador, mediante el desacoplamiento previsto (ubique la palanca del rodillo dosificador en su posición más elevada – posición cero).
- 6) Procede a cerrar la llave de paso de vaciado.

Diseño: José Pablo Gómez Fecha: 10/05/18	Revisó: José Pablo Montero Fecha: 16/05/18	Aprobado por: Victor Julio Montero Fecha: 17/05/18
--	--	--

OPL – 3SM

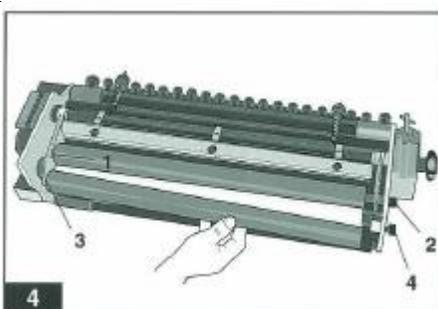
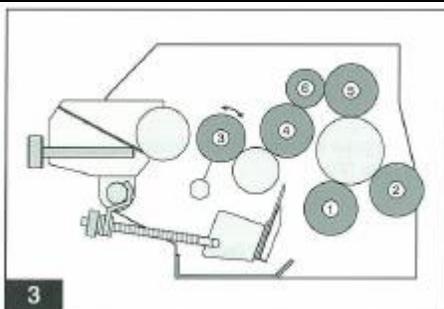
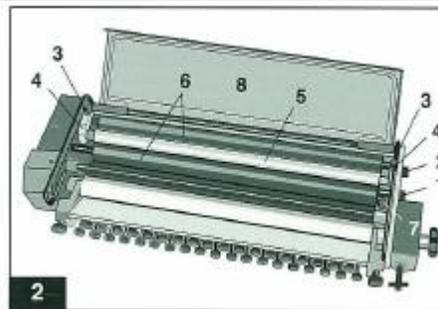
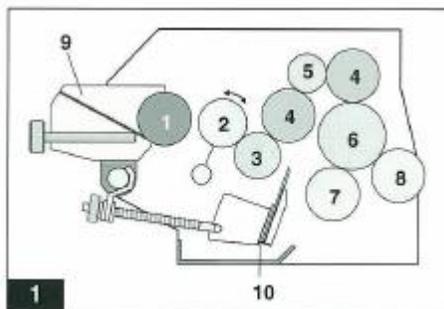


Departamento: Mantenimiento

Equipo: PR-SM

Procedimiento: Desmontaje y montaje de rodillos

Página: 1/1



Preparación de desmontaje de los rodillos

- 1) Saque de la máquina del grupo entintador adicional y coloque el recubrimiento del grupo entintador en posición vertical (Fig. 2/8).

Rodillos dadores de tinta

- 1) Suelte el tornillo moleteado en el lado de servicio (Fig. 2/2).
- 2) Saque el segundo rodillo dador de tinta (Fig. 1/8) del cojinete por el lado de impulsión.
- 3) Suelte el tornillo moleteado del lado de servicio.
- 4) Extraiga igualmente el primer rodillo dador de tinta (Fig. 1/7)

Rodillo intermedio (acero)

- 1) Desenroscar por completo los tornillos moleteados de los lados de impulsión y servicio (Fig. 2/3).
- 2) Con el tornillo moleteado, apriete hacia abajo la palanca en los lados de

impulsión y servicio (Fig. 2/4).

- 3) Saque el rodillo intermedio (Fig.2/5), primero por el lado de servicio y luego por el lado de impulsión,

Rodillo de transferencia (caucho)

- 1) Extraiga los rodillos de caucho (Fig.2/6) en sus respectivas guías.

Tomador de tinta

- 1) Suelte el tornillo moleteado (Fig. 2/7) en el lado de servicio, saque el tomador, primero por el lado de servicio y luego del cojinete en el lado de impulsión.

Montaje de rodillos

- 1) Los rodillos se deben colocar según el orden de la Fig. 3

Rodillos dadores de tinta

- 1) Para colocar los rodillos dadores, gire el grupo entintador y colóquelo sobre sus asas.
- 2) Coloque el primer rodillo dador de tinta en el taladro (Fig.4/1) en el lado de impulsión.
- 3) Con la llave de punto apriete, ligeramente el tornillo moleteado (Fig. 4/2) del lado del servicio.
- 4) Coloque el segundo rodillo dador de tinta en el taladro (Fig. 4/3) del lado de impulsión.
- 5) Con la llave de punto apriete, ligeramente el tornillo moleteado (Fig. 4/4) del lado del servicio.
- 6) Para colocar los demás rodillos, gire una vuelta al grupo humectador (asas hacia arriba)

Tomador de tinta

- 1) Introduzca el husillo sin muesca en el cojinete, en el lado de impulsión.
- 2) Coloque el husillo con muesca en el lado de servicio y asegure con el tornillo moleteado.

Rodillos de transferencia

- 1) Coloque en las respectivas guías en los lados de impulsión y servicio.

Rodillo intermedio

- 2) Enroscar el tornillo moleteado del lado de servicio y del lado de impulsión, el

rodillo intermedio, y los rodillos de transferencia se fijan conjuntamente en sus posiciones con la palanca.

Diseño: José Pablo Gómez

Fecha: 10/05/18

**Revisó: José Pablo
Montero**

Fecha: 16/05/18

**Aprobado por: Victor
Julio Montero**

Fecha: 17/05/18

Anexo 16: Fichas Técnicas

			Código: 01-FRM-01-PRO-A11
Nombre: FICHA TECNICA DE LA MAQUINA Y EQUIPO			Página: 1
Revisado y aprobado por: Victor Julio Montano	Elaborado por: Greyvit Hernández	Fecha de Aprobación: 15-12-2014	Versión: 1

EQUIPO (X) INFRAESTRUCTURA ()		CODIGO: PM-SM		DOCUMENTACION TECNICA	SI	NO
Nombre:	Prensa Offset de 5 Cuerpos	Ubicación:	Prensa	Manual de Operaciones.	X	
Descripción:	Impresora de pliegos de papel	Fecha de Compra:		Manual de Mantenimiento.	X	
Tipo:	Prensa	Vencimiento Garantía:	n/a	Manual de Repuestos.	X	
Modelo:	SpeedMaster	Contrato de Mantenimiento:	n/a	Planos Eléctricos.		X
# de Serie:		Vencimiento:	n/a	Planos Mecánicos		X
Año de Fabricación:	2000	Vida Útil Esperada:	10 años	DEFINICION DE INSUMOS/ HERRAMIENTAS		
Fabricante:	Heidelberg	Código Contable:	104156	Herramientas	X	
Voltaje:	480			Kit de Repuestos	X	
Amperaje:	1.2			Aceites	X	
Fases:	3			Grasas	X	

PROVEEDORES RESPUESTOS/ MANTENIMIENTO				
Nombre	Cargo	Empresa	Teléfono	Correo Electrónico
WERNWerner Toebe	Gerente General	Sommerus	22406804	wernerwerner.toebe@grupo-sg.com



Apéndices

Apéndice 1: Cotización de Prensa CD74-5+L(X2)

PRECIO TOTAL DE LA MÁQUINA HEIDELBERG SPEEDMASTER "CD 74 – 5 + L (X2)",

CIF "PUERTO LIMON"

EURO 450.000,00

PLAZO DE ENTREGA : Aprox. **Marzo 2018**, salvo venta previa

FORMA DE PAGO : por definir

PAIS DE ORIGEN : Alemania

MONTAJE E INSTRUCCIONES : **Incluye** la instalación del equipo, y el entrenamiento de los operadores.

VALIDEZ DE LA OFERTA : **30 días** a partir de su emisión

Atentamente,
SOMMERUS, S.A.

WERNER TOEBE
Gerente General
werner.toebe@grupo-sg.com



Apéndice 2: Cotización de prensa CD102 – 4



PRECIO TOTAL DE LA MÁQUINA HEIDELBERG SPEEDMASTER "CD 102 – 4",

CIF "PUERTO LIMON"

EURO 950.000,00

PLAZO DE ENTREGA : Aprox. **Abril 2018**, salvo venta previa

FORMA DE PAGO : por definir

PAIS DE ORIGEN : Alemania

MONTAJE E INSTRUCCIONES : **Incluye** la instalación del equipo, y el entrenamiento de los operadores.

VALIDEZ DE LA OFERTA : **30 días** a partir de su emisión

Atentamente,
SOMMERUS, S.A.

WERNER TOEBE
Gerente General
werner.toebe@grupo-sg.com

Apéndice 3: Fotos de equipos de la Litografía Moravia S.A.







Referencias Bibliográficas

- Acuña, J. A. (2003). *Ingeniería de Confiabilidad*. Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- Alveiro, M. (2011). *El Balanced Scorecard como Herramienta de Evaluación en la Gestión Administrativa*. Medellín - Colombia: Universidad de Antioquia.
- Arbor Environmental Alliance. (s f.). Carbon & tree facts. Recuperado el Junio de 2016, de <http://www.arborenvironmentalalliance.com/carbon-tree-facts.asp>
- Arias, J. (18 de Diciembre de 2015). Costa Rica cierra 2015 con 99% de energía renovable. *crhoy.com*. Obtenido de <http://www.crhoy.com/costa-rica-cierra-2015-con-99-de-energia-renovable/>
- Bogantes, B. (2016). *Desarrollo de la estructura necesaria para la implementación de un modelo de toma de decisiones para mantenimiento basado en el deterioro multiestado para el parque eólico los santos*. Cartago.
- Borbón Yendry, R., Escobar Obregón, A., Ramírez Villabos, M., & Mora Romero, D. (2016). *Niveles de iluminación en el Laimi 1 sala A*. Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental, Cartago.
- Compañía Nacional de Fuerza y Luz. (s.f.). *Guía de Eficiencia Energética para Oficinas*. Compañía Nacional de Fuerza y Luz, Departamento de Eficiencia Energética. Recuperado el Junio de 2016
- Duffuaa, S. O. (2009). *Sistemas de mantenimiento : Planeación y control*. Mexico: Editorial Limusa S.A. Recuperado el 25 de Octubre de 2017
- Garrido, S. G. (2003). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. España: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Jutglar, L., & Galán, M. (2012). *Termotecnia* . Barcelona, España : MARCOMBO, S.A.

- Mideplan. (2009). *MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN NACIONAL Y POLÍTICA*. Recuperado el 4 de abril de 2018, de <https://documentos.mideplan.go.cr/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/6a88ebe4-da9f-4b6a-b366-425dd6371a97/guia-elaboracion-diagramas-flujo-2009.pdf>
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (2 de Junio de 2016). *Salarios Mínimos*. Obtenido de Temas Laborales: http://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/Lista_salarios-I-Semestre_2016.pdf
- Olarte C, W., Botero A., M., & Cañon A., B. (2010). *IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Parra Márquez, C., & Crespo Márquez, A. (2015). *Desarrollo y aplicación práctica de un modelo de Gestion de Mantenimiento*.
- Sánchez, I. (2003). *Enfoque económico social de evaluación de proyectos de inversión*. Tesis doctoral en Ciencias Económica, CDICT, Universidad de la Habana.
- Santos, T. S. (2008). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN*. Obtenido de EUMED: <http://www.eumed.net/ce/2008b/tss.htm>
- Tecnológico de Costa Rica. (2015). *Información*. Obtenido de Laboratorio Institucional de Microcomputadoras (LAIMI): <http://www.tec.ac.cr/laimi/Paginas/Informacion.aspx>
- Viveros, P., & Crespo, A. (Abril de 2013). *Ingeniare Revista chilena de Ingeniería*. Recuperado el 30 de Marzo de 2018, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100011
- Wildi, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- YORK. (2009). *Technical guide PREDATOR*. U.S.A: Johnson Controls, Inc.
