

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO PARA LA IMPRESORA FLEXOGRAFICA DE LA  
EMPRESA FLEXOCUCUTA**

**Autor  
REMID MAURICIO HIGUERA CASTAÑO**

**PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA,  
MECATRONICA E INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
PAMPLONA, Noviembre 16 de 2016**

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO PARA LA IMPRESORA FLEXOGRAFICA DE LA  
EMPRESA FLEXOCUCUTA**

**REMID MAURICIO HIGUERA CASTAÑO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO MECÁNICO**

**Director: JOSE MANUEL RAMIREZ**  
Ing. Mecánico Magister en Mantenimiento Industrial  
**Jose.ramirez@unipamplona.edu.co**

**PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA,  
MECATRONICA E INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS  
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
Pamplona, Noviembre 16 de 2016**

## ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por sobre todas las cosas y por otorgarme la capacidad y sabiduría para alcanzar este éxito.
- MIS PADRES** Ruby Castaño y Albeiro Higuera por otorgarme la vida, por su apoyo incondicional, por sus sacrificios y esfuerzos para darme una vida digna y mis estudios, por ser un ejemplo de rectitud y excelentes valores.
- MI FAMILIA EN GENERAL** Por ser la mejor y más cariñosa de todas. En especial Katherine Chacón Madrid por ser mi ejemplo a seguir como persona y profesional.
- A MIS AMIGOS** Al mejor de todos Félix Niño, Por estar a lo largo de tantos años, los incondicionales como Sergio Toloza, Lizeth Vargas, Sergio Terán, Juan Reyes, Mónica Moya, Giovanni Navarro, mi amor Daniela Ríos Cabezas y los que conocí en mi etapa en Pamplona Camilo Brito, Diego Pérez, Jimmer Perilla, Arnaldo Mejía y todos aquellos con quienes tuve el privilegio de compartir muchos momentos durante estos 8 años.
- A ARNALDO MEJÍA** Por ser un vacan, un apoyo en una etapa de mi vida donde pase por un cambio nefasto, por estar siempre en las buenas y en las malas, por ser un apoyo incondicional en la culminación de esta etapa y por ser un gran amigo de esos que son para toda la vida.
- A LIZETH VARGAS** Por seguir mis pasos y entender que para llegar a una meta se pueden seguir otros caminos, por enseñarme que afrontar un cambio y las grandes decisiones se hacen pensando en un sueño por cumplir.

*Remid Higuera*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme salud y sabiduría, para el desarrollo de mis estudios profesionales.

A mis familiares por brindarme siempre confianza, apoyo y seguridad en mi corta vida.

A mi director, Ingeniero mecánico magister en mantenimiento Industrial José Manuel Ramírez por su apoyo formativo y gran ayuda en la realización de este proyecto, además por abrirme las puertas de su proyecto empresarial en conjunto con su familia.

Al grupo de profesores de ingeniería mecánica, por sus cátedras a lo largo de estos años.

*Remid Higuera*

## TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.1 RESUMEN.....	13
1.2 INTRODUCCION.....	13
1.3 planteamiento del problema.....	14
1.4 JUSTIFICACION.....	15
1.5 OBJETIVOS .....	16
1.5.1 Objetivo general .....	16
1.5.2 Objetivos específicos .....	16
CAPITULO 2.....	17
2. MARCO REFERENCIAL .....	17
2.1 ANTECEDENTES.....	17
2.2 BASES CONCEPTUALES.....	18
2.3 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
2.4 Los medios impresos: conceptos generales .....	21
2.4.1.1 Litografía.....	21
2.4.1.2 Impresión en Relieve .....	23
2.4.1.3 Grabado.....	28
2.4.1.4 Serigrafía .....	29
2.5 Herramientas de la calidad .....	30
2.5.1 Diagrama de Ishikawa.....	30
2.5.1.1 Como se Aplica el diagrama de Ishikawa.....	31
2.5.2 Análisis DOFA.....	32
2.5.3 Técnica de revisión y evaluación de programas PERT, CPM.....	34
2.6 herramientas del mantenimiento .....	41
2.6.1 Conceptos Básicos de mantenimiento.....	41
2.6.1.1 Etapas del mantenimiento .....	43
2.6.2 Mantenimiento Productivo Total TPM.....	44
2.6.2.1 Pilares del TPM .....	45
2.6.2.2 Implementación del TPM en una empresa.....	47
2.6.3 Tipos de mantenimiento .....	48

2.6.3.1	Mantenimiento Correctivo .....	48
2.6.3.2	Mantenimiento Programado.....	50
2.6.3.3	Mantenimiento Rutinario .....	50
2.6.3.4	Mantenimiento Preventivo .....	50
2.6.4	Estrategia de las “5S” .....	52
2.6.4.1	SEIRI-CLASIFICACIÓN (“Desechar lo que no se necesita”).....	54
2.6.4.2	SEITON – ORDENAR (“Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”) 54	
2.6.4.3	SEISO – LIMPIEZA (“Limpiar el sitio de trabajo y los equipos y prevenir la suciedad y el desorden”) .....	55
2.6.4.4	SEIKETSU – LIMPIEZA ESTANDARIZADA (“Preservar altos niveles de organización, orden y limpieza”).....	56
2.6.4.5	SHITSUKE – DISCIPLINA (“Crear hábitos basados en las 4's anteriores”) .....	57
2.7	diseño de planta .....	58
2.7.1	Concepto de Diseño.....	58
2.7.1.1	Esfuerzos interdisciplinarios.....	58
2.7.1.2	Diferencias con la distribución .....	59
2.7.2	Perspectiva Arquitectónica .....	59
2.7.2.1	Configuración.....	60
2.7.2.2	Decoración .....	62
2.7.2.3	Estructura .....	62
CAPITULO 3.....		63
3.	GENERALIDADES DE LA EMPRESA FLEXOCUCUTA.....	63
3.1	DESCRIPCIÓN Y ANTECEDENTES DE LA EMPRESA .....	63
3.2	LOCALIZACIÓN DE LA EMPRESA .....	63
3.3	MISIÓN Y VISIÓN DE LA EMPRESA .....	63
3.3.1	Misión.....	63
3.3.2	Visión .....	64
3.4	POLITICA Y OBJETIVOS DE CALIDAD .....	64
3.5	LOGO Y SLOGAN.....	65
3.6	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	67
3.6.1	Organigrama .....	67
3.7	MATERIA PRIMA .....	68

3.8	PROVEEDORES .....	68
3.9	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y VENTA .....	69
CAPITULO 4.....		70
4.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA FLEXOCUCUTA .....	70
4.1	DIAGNOSTICO DOFA DE LA EMPRESA .....	70
4.2	DESCRIPCION DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA	71
	71	
4.2.1	El proceso de extrusión.....	71
4.2.2	El proceso de sellado .....	72
4.2.3	El proceso de Impresión Flexográfica.....	73
4.3	Maquinaria y equipo .....	74
4.3.1	Especificaciones técnicas.....	74
4.3.2	Funcionamiento.....	77
4.3.3	Capacidades .....	79
4.4	INSTALACIONES DE LA EMPRESA.....	79
4.4.1	Distribución de planta, equipo y maquinaria industrial. ....	79
4.4.2	Distribución de planta propuesta .....	81
4.4.3	Recomendaciones de materiales (pisos, paredes, techos, ventanas, etc.) y criterios y recomendaciones sanitarias de instalaciones. ....	83
4.4.3.1	Pisos.....	83
4.4.3.2	Paredes .....	83
4.4.3.3	Techos.....	83
4.4.3.4	Puertas y ventanas .....	83
4.4.3.5	Iluminación .....	84
4.5	TIPO Y PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO APLICADO ACTUALMENTE A LA MAQUINARIA.....	84
4.6	NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO .....	84
4.7	DIAGNOSTICO GENERAL DE MANTENIMIENTO .....	86
4.8	DIAGNOSTICO ISHIKAWA DE MANTENIMIENTO .....	88
4.8.1	Maquinaria .....	88
4.8.2	Mano de Obra .....	89
4.8.3	Procedimientos .....	89
4.8.4	Materiales .....	89
4.8.5	Medio Ambiente .....	89

4.9	DIAGNOSTICO DE FALLAS Y POSIBLES FALLAS EN los PROCESO DE impresión FLEXOGRAFICA, extrusion y sellado. ....	90
4.10	condiciones ambientales de la empresa .....	90
4.10.1	Diagnóstico del ambiente de trabajo actual mediante el método causa-efecto.....	90
4.10.2	Descripción de los solventes y tintas utilizados .....	91
4.10.2.1	Tinta flexográfica .....	91
4.10.2.2	Solvente.....	92
CAPITULO 5.....		94
5.	programa de mantenimiento preventivo para la impresora flexografica de la empresa flexocucuta.....	94
5.1	Inventario de maquinaria .....	94
5.2	Tipo de mantenimiento que se aplicará en la MAQUINARIA .....	95
5.3	Personal encargado del mantenimiento .....	96
5.4	Descripción de los puestos y COMPETENCIAS NECESARIAS .....	96
5.5	Procedimiento para relizar el mantenimiento .....	101
5.5.1	Diagrama propuesto para mantenimiento.....	102
5.5.2	Ficha de pedido de trabajo .....	103
5.5.3	Ficha de orden de trabajo.....	103
5.5.4	Ficha de orden de compra.....	104
5.5.5	Ficha de programación de rutinas de mantenimiento .....	106
5.6	Actividades de mantenimiento .....	107
5.6.1	Mantenimiento programado.....	110
5.7	reconocimiento de partes de la impresora flexografica .....	114
5.8	tareas de mantenimiento para la impresora flexografica .....	118
5.8.1	Lista de chequeo preoperatoria para la impresora Flexográfica .....	118
5.8.2	Tres operaciones detalladas de mantenimiento preventivo .....	119
5.8.3	Actividades de mantenimiento programadas .....	120
5.9	Metodología para la implementacion de las 5s en flexocucuta.....	120
6.	CONCLUSIONES .....	123
7.	RECOMENDACIONES .....	124
8.	Bibliografía .....	125
9.	ANEXOS .....	127
9.1	Manual de mantenimiento impresora Flexografica.....	127

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Estructura de la Matriz DOFA. ....	34
Tabla 2. Tabla de actividades con precedencia (Ejemplo). ....	36
Tabla 3. Ejemplo duración de las actividades. ....	40
Tabla 4. Evolución Histórica del mantenimiento. ....	42
Tabla 5. Listado de proveedores Flexocucuta. ....	68
Tabla 6. Matriz DOFA para la empresa Flexocucuta. ....	70
Tabla 7. Capacidad de los equipos de la empresa Flexocucuta ....	79
Tabla 8. Superficie necesaria para producción de Flexocucuta. ....	80
Tabla 9. Superficies Diseño de Planta Propuesto. ....	81
Tabla 10. Lista de chequeo para diagnosticar el nivel de mantenimiento aplicado en la empresa Flexocucuta. ....	87
Tabla 11. Inventario actual de maquinaria en la empresa. ....	94
Tabla 12. Descripción de puesto Técnico Mecánico industrial. ....	97
Tabla 13. Competencias necesarias para el puesto Técnico Mecánico industrial. ....	98
Tabla 14. Descripción de puesto Ayudante mecánico ....	100
Tabla 15. Competencias necesarias para el puesto Ayudante mecánico ....	101
Tabla 16. Actividades programadas de mantenimiento para la Impresora Flexográfica ...	111
Tabla 17. Actividades programadas de mantenimiento para la Extrusora. ....	112
Tabla 18. Actividades programadas de mantenimiento para la Selladora. ....	113
Tabla 19. Actividades para la implementación de la filosofía 5S. ....	121

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Metodología del trabajo de grado. (Fuente: Autor) .....	20
Figura 2. Esquema Impresión OFFSET. ....	23
Figura 3. Plancha tipográfica o Estereotipo. ....	24
Figura 4 Elementos de Impresión con sello de caucho. ....	25
Figura 5. Impresión Flexográfica con Rodillos.....	26
Figura 6. Impresora Flexográfica 6 colores. ....	28
Figura 7. Prensa de gradado. ....	29
Figura 8. Presa serigrafía.....	30
Figura 9. Ejemplo diagrama de Ishikawa.....	32
Figura 10. Ejemplo grafo: a. Nudo Inicial. b. Precedencia lineal. ....	37
Figura 11. Ejemplo grafo: a. Precedencias de Divergencia b. Precedencia de convergencia .....	37
Figura 12 A. Representación errónea de actividades procedentes. (Solo 1 actividad puede llegar a un nodo específico). B. Forma de dibujar esta relación sin siguiendo el principio de designación.....	38
Figura 13. Grafo del Ejemplo PERT.....	39
Figura 14. Grafico PERT completo para el ejemplo. ....	41
Figura 15. Pilares del TPM. ....	46
Figura 16. Esquematización de la estrategia 5S.....	52
Figura 17. Logo de la empresa Flexocucuta .....	66
Figura 18. Alternativas de Logo propuestas para Flexocucuta .....	66
Figura 19 Organigrama Propuesto para Flexocucuta.....	67
Figura 20 Diagrama de Flujo del proceso de Extrusión.....	71
Figura 21. Diagrama de flujo del proceso de Sellado en la empresa Flexocucuta.....	72
Figura 22. Diagrama de Flujo del proceso de Impresión Flexográfica.....	73
Figura 23. Ficha técnica Selladora .....	74
Figura 24. Ficha técnica Impresora Flexográfica.....	75
Figura 25.Ficha técnica Extrusora.....	76
Figura 26.Vista Superior, isométrico y Áreas del diseño de planta propuesto. ....	82
Figura 27. Diagrama de Ishikawa (Paradas de la producción).....	90
Figura 28. Diagrama Causa Efecto (ISHIKAWA) de las condiciones ambientales que se presentan en Flexocucuta .....	91
Figura 29. Diagrama de flujo mantenimiento en Flexocucuta.....	102
Figura 30. Ficha de Pedido de Trabajo .....	103
Figura 31. Orden de Compra.....	104
Figura 32. Orden de trabajo .....	105
Figura 33. Programación de rutinas de mantenimiento .....	106
Figura 34. Sistemas de la impresora flexográfica. ....	114
Figura 35. Sistema de Impresión.....	115
Figura 36. Elementos rodantes principales de la impresora (Rodillos) .....	116
Figura 37. Vista posterior del sistema de impresión ubicando el Rodillo Fijo .....	116

Figura 38. Torretas porta Rodillos. ....	117
Figura 39. Vista Mecanismo de Ajuste Horizontal y del soporte del sistema de impresión. .....	118
Figura 40. Lista de chequeo pre-operación para la impresora flexográfica. ....	119
Figura 41. Diagrama PERT señalando la ruta crítica para la implementación de las 5S...	122

# CAPITULO 1

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 RESUMEN

El presente trabajo de grado data en impulsar la implementación de un plan de mantenimiento basado en la filosofía de mantenimiento productivo total TPM sobre la empresa Flexocucuta, generando actividades de mantenimiento rutinarias, preventivas y programadas sobre la maquinaria de esta empresa. La implementación del plan de mantenimiento tiene como prioridad la impresora flexográfica de la empresa puesto que esta máquina es de diseño propio, es decir, de esta se tiene la mayor cantidad de información posible y una gran cantidad de años de experiencia del operario.

Al determinar el estado de mantenimiento de la empresa como precario al momento de iniciar este proyecto se hace necesario diseñar una metodología que incluye cambios organizacionales, dejar bases para la implementación de las 5S, diseñar un plan de mantenimiento e iniciar un mantenimiento productivo total. Esta metodología tiene como objeto principal diseñar un programa de mantenimiento preventivo para la impresora flexográfica, pero, para lograrlo se hace necesaria la identificación de tareas que ya se realizan en la empresa, el reconocimiento de las partes y características técnicas de las máquinas, el establecimiento de actividades y rutinas de mantenimiento, el diseño de formatos de información y la elaboración de un manual detallado de mantenimiento para la máquina en cuestión.

La creación de un plan de mantenimiento hace indispensable la inclusión de personal de mantenimiento en la empresa. La creación de dos cargos de mantenimiento en la empresa también se expone en este trabajo.

### 1.2 INTRODUCCION

La economía globalizada que rige los mercados actuales, ha obligado a las empresas Colombianas, a revisar sus políticas administrativas, financieras y de producción, con el fin de aumentar sus estándares de calidad, rendimiento y productividad, para hacerse competitivas frente a empresas más grandes, que con más tecnología e inversión, generan productos de alta calidad y bajo costo, satisfaciendo así la necesidad de sus clientes.

El mantenimiento es considerado hoy en día un factor estratégico cuando se busca incrementar los niveles de productividad, calidad y seguridad en la empresa. En la

actualidad existen cantidad de herramientas metodológicas para la gestión del mantenimiento que permiten conseguir mayor productividad y calidad en los distintos procesos que tiene lugar en la empresa, algunos de estos serán utilizados en este trabajo de grado como lo son la filosofía de las 5s y la base informativa del mantenimiento productivo total TPM.

Flexocucuta es una empresa dedicada a la elaboración de bolsas plásticas de polietileno de baja densidad PDBD cuyo subsistema productivo de impresión flexográfica no cuenta con un plan de mantenimiento, esta es la razón del trabajo de grado que se propone en las siguientes páginas. Con herramientas de inspección de mantenimiento (listas de chequeo para auditoria) y software CAD especializado (SolidWorks) además de una metodología basada en inspección, aplicación de la filosofía de las 5s, verificación e implementación de sistemas de información para dejar bases de un mantenimiento productivo total TPM y algunos cambios organizacionales este trabajo de grado propone la creación de un manual detallado de mantenimiento preventivo de la impresora flexográfica de la empresa en cuestión; con ello se elimina el modelo de mantenimiento reactivo por avería que poseen y se pasa a un modelo proactivo que mejoraría contundentemente la productividad en el proceso de impresión flexográfica.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La función de mantenimiento dentro de las empresas del sector productivo es uno de los elementos claves en su buen funcionamiento debido a su influencia directa sobre los costos de producción, calidad del producto y otros factores que afectan notablemente la productividad y competitividad de las mismas.

En la actualidad una gran cantidad de empresas ubicadas en el territorio nacional aproximadamente un 32% (ACIEM Asociación Colombiana de Ingenieros, 2009) no cuentan en su modelo organizacional y productivo con plan de mantenimiento, cifra que tiene una tendencia a disminuir en los últimos años, para hacerlo más claro muchos empresarios tienen en concepto al mantenimiento como “mal necesario”. Así, debido a la agresividad del mercado actual, el hecho de tener un departamento o una función del mantenimiento organizado y eficaz deja de ser un lujo a ser una necesidad básica del funcionamiento de toda empresa, que de no existir puede afectar su competitividad.

La empresa flexocucuta cuenta con tres máquinas para la elaboración de empaques plásticos, una extrusora, una selladora y una impresora. A pesar de tener estos equipos carece de un programa de mantenimiento en la actualidad. Cabe resaltar que se realizan algunas labores que pueden considerarse mantenimiento rutinario como: limpieza, lubricación, verificación de funcionamiento en la etapa preoperatoria de las máquinas, en el caso de la impresora flexográfica se realizan además de las mencionadas otras labores que se considerarían preventivas con

una frecuencia anual como lo son cambio de rodamientos, bujes y demás elementos rodantes desgastados, pero no se llevan registros de ninguna de dichas actividades.

Como la mayoría de empresas flexocucuta sigue un modelo de mantenimiento reactivo por avería, es decir, se subsanan las fallas cuando se presentan y no se programa en el tiempo. La implementación de un modelo de mantenimiento proactivo mejoraría la productividad del proceso de impresión flexográfica en la empresa flexocucuta, obteniendo con ello una posible reducción de fallos durante la operación de la máquina, fallos que generan impacto en la eficiencia del equipo en los costos de operación.

#### **1.4 JUSTIFICACION**

El modelo de mantenimiento reactivo por avería soluciona temporalmente las fallas que presenta la máquina de impresión flexográfica, esto significa que puede haber paradas no programadas de la misma que afectan en consecuencia la producción. Es importante resaltar que en los procesos de producción de carácter continuo como lo es la impresión flexográfica es determinante el número de paradas realizadas durante la operación, bien sea por la programación de algún tipo de mantenimiento o por paradas ocasionadas por alguna falla inesperada, es así que se debe manejar un criterio adecuado de en la definición y ejecución de las tareas de mantenimiento. Identificando esto, lo primordial en la empresa flexocucuta es pasar de un modelo reactivo a uno proactivo que se anticipe a los posibles fallos de las maquinas corrigiendo sus modos de fallo a priori. La programación de tareas de mantenimiento que sean coordinadas con los tiempos de producción es parte primordial en la elaboración del plan de mantenimiento preventivo que se propondrá en este trabajo de grado.

Es preciso mencionar que el modelo de mantenimiento que se adaptaría al modelo productivo de la empresa flexocucuta es el preventivo llamado por otros autores programado, Si nos remontamos a una definición clara de mantenimiento preventivo, Sierra (Alvarez, 2010) define el mantenimiento preventivo como “La ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos con el fin de detectar condiciones y estados inadecuados de esos elementos que puedan ocasionar circunstancialmente paradas en la producción o deterioro grave de las máquinas, equipos o instalaciones, y realizar de forma permanente el cuidado de mantenimiento adecuado de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras que las fallas potenciales están en el estado inicial de desarrollo”. Por lo general, el mantenimiento preventivo se basa en un plan periódico de inspecciones, reparaciones y reemplazos de partes sin tener en cuenta el estado de los equipos en el momento de realizar la tarea. Se parte de la base que la frecuencia definida para la actividad se acerca mucho al momento de la falla del componente o sistema requerido, modelo que se adapta a las

condiciones de la impresora flexográfica de la empresa flexocucuta. Lo mencionado anteriormente corrobora la necesidad de la aplicación de un plan de mantenimiento programado en la impresora flexográfica de la empresa flexocucuta el cual permitirá recolectar y documentar la información necesaria para implementar una metodología de Mantenimiento productivo total TPM.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo general**

Diseñar un programa de mantenimiento preventivo para la impresora flexográfica de la empresa flexocucuta.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Determinar el estado actual de mantenimiento de la empresa Flexocucuta y de la impresora flexográfica.
- Identificar las tareas correctivas y rutinarias que se le realizan a la impresora flexográfica.
- Reconocer las partes y características técnicas de la máquina.
- Establecer rutinas y actividades de Mantenimiento Productivo Total TPM para la impresora flexográfica.
- Diseñar formatos y fichas de control que se utilizaran en las actividades y procedimientos propios de mantenimiento de la impresora flexográfica.
- Elaborar un manual de mantenimiento detallado para la impresora flexográfica.

# CAPITULO 2

## 2. MARCO REFERENCIAL

Este marco posee dos aspectos diferentes. Por una parte, permite ubicar el tema como objeto de investigación dentro de un conjunto de teorías existentes con el propósito de precisar en cual corriente de pensamiento se inscribe y en qué medida significa algo nuevo o complementario. Por otra parte el marco teórico es una descripción detallada de cada uno de los elementos de la teoría que serán directamente utilizados en el desarrollo del trabajo de grado y las relaciones más significativas que se dan entre estos elementos.

### 2.1 ANTECEDENTES

Hablando de proyectos de mantenimiento preventivo en general hay muchos aplicados de manera acorde a las necesidades de cada empresa, la mayoría de estos trabajos datan en conceptualizar tareas de mantenimiento con herramientas preventivas y/o sistemas de información para la implementación de un Mantenimiento productivo total TPM.

El trabajo que se considera más completo por el autor de este proyecto en el área de mantenimiento industrial, por su capacidad de obtención de información, diferentes herramientas de diagnóstico y documentación de maquinaria y equipos es el desarrollado en mayo de 2010 por el ingeniero Julio Cesar Coy Catú de la universidad de San Carlos de Guatemala titulado Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria y mejora del sistema De extracción de vapores inflamables (Catú, 2010), en la Empresa Transproductos, S.A. Catú además de centrarse en tareas de mantenimiento preventivas le dio mucha importancia al manejo de la información y la seguridad industrial. Resalto de este trabajo la organización de las tareas de mantenimiento preventivas y la capacidad del autor en la utilización de diagramas como el de Ishikawa o la matriz FODA en el diagnóstico del mantenimiento en la empresa.

Ya enfocándose en una empresa de producción de material plástico como Flexocucuta el Ingeniero mecánico de la universidad industrial de Santander Edwin Rodríguez Cachaya presenta una monografía en el año 2008 para su especialización en Gerencia de Mantenimiento cuyo nombre es Plan de mantenimiento preventivo para la planta de extrusión e impresión de la empresa Plastilene S.A. (Cachaya, 2008). Cachaya implementa un plan de mantenimiento preventivo con tareas muy puntuales sobre una impresora flexográfica de cuatro colores, cabe resaltar que Plastilene ya contaba en ese momento con sistemas de información de averías, es decir, ya implementaba tareas de un mantenimiento

productivo total TPM lo que ayudo a el ingeniero a realizar un plan de mantenimiento basado en criticidad, aplicando nociones de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad CMD. De este trabajo lo importante es resaltar la forma de tabular mediante listas de chequeo las tareas preventivas de mantenimiento a la impresora flexográfica.

Todos los trabajos citados, buscan al igual que el presente, mejorar todo lo concerniente al sistema de gestión del mantenimiento de sus respectivas empresas, beneficiando de esta manera las mismas, obteniendo una mejor organización, preservación en cuanto al manejo de equipos y herramientas, que a su vez traen consigo un mejoramiento en la calidad, productividad y competitividad de la empresa y sus productos.

## **2.2 BASES CONCEPTUALES**

**5S:** Filosofía de gestión originada en Japón basada a en cinco etapas principales, clasificación (Seiri), orden (Seiton), limpieza (Seiso), Estandarización(Seiketsu) y mantener la disciplina (Shitsuke).

**Avería:** Daño que impide el funcionamiento de un aparato, instalación, vehículo, etc.

**CHEQLIST:** Herramienta también conocida como lista de chequeo útil para ayudar a definir un problema, organizar las ideas y realizar diagnósticos identificando falencias claves en algún tema específico.

**Formatos de información:** Se conocen como formatos de información a las herramientas claves en la implementación de un mantenimiento productivo total, estos formatos incluyen avería, ficha técnica, orden de trabajo, orden de repuestos etc.

**Impresión flexográfica:** Se llaman flexográficos aquellos sistemas de impresión tipográfica cuya forma es blanda y flexible. Se puede tratar de estereotipos de goma muy parecidos a los sellos de goma que se usan en las oficinas. La flexografía trabaja casi exclusivamente con prensas rotativas, o sea que la plancha suele estar montada en un cilindro. La tinta es muy líquida, muchas veces a base de alcohol y anilinas. La forma se suele entintar con rodillos estucados que permiten retener determinada cantidad de tinta.

**Mantenimiento:** Acciones necesarias para que un ítem sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.

**Mantenimiento correctivo:** Es el mantenimiento que se ejecuta a un activo después de ocurrida la falla del mismo, por lo que se debe de corregir todos los componentes fallidos en el evento.

**Mantenimiento preventivo:** Es el que en base a fechas calendarizadas se programa un activo para su mantenimiento, claro las fechas se determinan de tal manera que según las condiciones de operación permitan que el equipo no alcance el deterioro tal que falle; y de esta manera prevenir antes de que se presente la falla.

**Mantenimiento proactivo:** En este tipo de mantenimiento donde se busca el porqué de la falla y las acciones que se deben tomar para evitar incurrir en la misma falla. Al aplicar este tipo de mantenimiento, el preventivo ya no depende de la calendarización exclusivamente; si no de las actuaciones varias para conseguir su optimización de tal forma que se obtengan beneficios para la mejor funcionalidad del activo.

**Mantenimiento reactivo:** Mantenimiento realizado después de la ocurrencia de la falla, es llamado por algunos autores correctivo, dentro de este mantenimiento entra el mantenimiento por avería, el mantenimiento correctivo y el circunstancial.

**TPM:** Filosofía del mantenimiento basada en la recopilación de información de fallos en maquinaria en el proceso productivo. (Mantenimiento productivo total).

**PDBD:** El polietileno de baja densidad es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos, como el polipropileno y los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como LDPE o PEBD, polietileno de baja densidad.

**Rutinas de mantenimiento:** Tareas específicas para la ejecución de un mantenimiento programado.

## 2.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación se describe la metodología en la que se basa la investigación de este trabajo de grado.

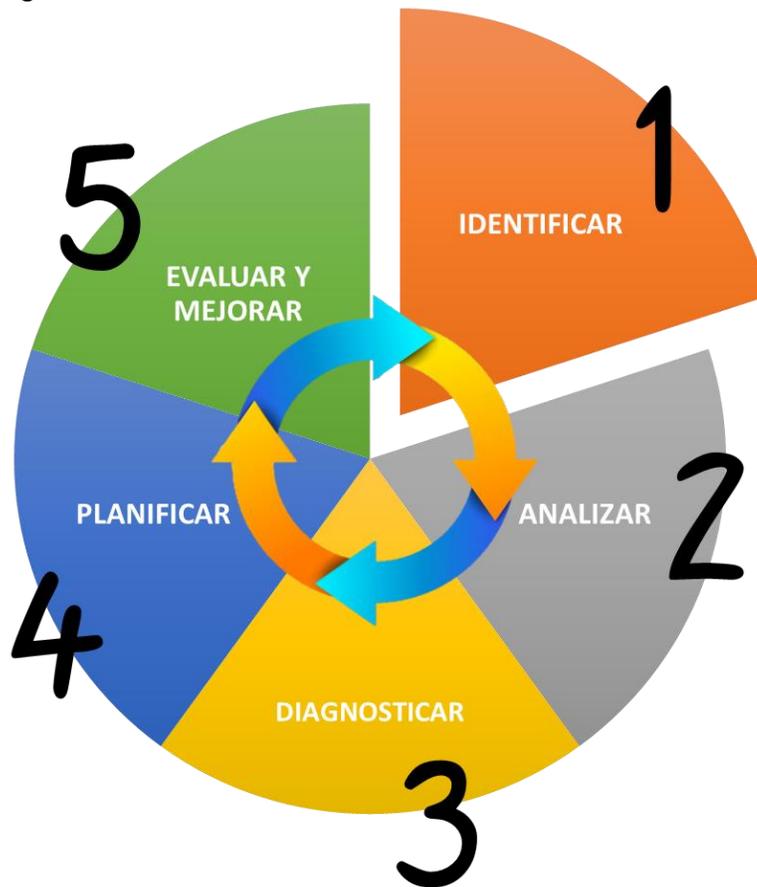


Figura 1. Metodología del trabajo de grado. (Fuente: Autor)

La metodología general que se utilizará para el desarrollo de cada uno de los objetivos del proyecto se fundamenta en 5 etapas primordiales que interactúan entre sí, como se muestra en la Figura 1.

Estas etapas se describen a continuación:

- Identificar: En esta etapa se validará la necesidad específica que se aborda con miras a caracterizar el problema.

- **Analizar:** Aquí se estudia y analiza la necesidad, en conjunto con las posibles soluciones, que finalmente permitan corregir el problema.
- **Diagnosticar:** Durante esta etapa se profundiza respecto a las posibles soluciones y cuál de ellas es la más idónea para su posterior implementación.
- **Planificar:** Se realiza el plan de acción a ejecutar en cada una de las actividades y en forma general del proyecto.
- **Evaluar:** Etapa en la cual se miden los resultados obtenidos, esta medición se logra de acuerdo a indicadores previamente establecidos y cuantificables.
- **Mejorar:** De acuerdo a la validación de los resultados obtenidos y los respectivos indicadores, se definen, si es necesario, los ajustes y las mejoras respectivas.

## 2.4 LOS MEDIOS IMPRESOS: CONCEPTOS GENERALES

Los medios impresos que se mostraran a continuación son base fundamental para entender el principio de impresión flexográfica en el que se basa la máquina de este trabajo de grado. Por esto serán mostradas sus características. Es importante resaltar que el marco teórico se amplía en **la impresión Flexográfica**.

Imprenta es el nombre utilizado para designar diferentes procesos para reproducir palabras, imágenes o dibujos sobre papel, tejido, metal y otros materiales. Estos procesos, que a veces reciben el nombre de artes gráficas, consisten en esencia en obtener muchas reproducciones idénticas de un original por medios mecánicos, por lo que el libro impreso ha sido bautizado como el primer producto en serie. Las técnicas de impresión son los procesos utilizados para reproducir textos o imágenes, como la imprenta, litografía, tipografía, flexografía, grabado y serigrafía. Todas estas técnicas utilizan mecanismos sencillos que consisten en aplicar sustancias colorantes a un soporte, ya sea de papel o plástico, para realizar múltiples reproducciones.

### 2.4.1.1 Litografía

En la actualidad, la técnica más importante y versátil es una variante de la litografía por offset. El inspector cartográfico alemán Aloys Senefelder fue quien sentó sus principios básicos a finales del siglo XVIII, gracias a sus experimentos con métodos

de fabricación de superficies de impresión en relieve utilizando un proceso de corrosión con ácidos. Senefelder descubrió que una superficie caliza húmeda repelía la tinta al óleo y que una imagen dibujada en dicha superficie con un pincel aceitado repelía el agua y atraía la tinta. Cualquier dibujo sobre la superficie de la piedra se podía reproducir poniendo en contacto una hoja húmeda de papel con el dibujo entintado. Este ciclo se podía repetir centenares de veces antes de que la reproducción perdiera fidelidad (Jauneau, 1998). El proceso, bautizado como impresión química por Senefelder, se convirtió pronto en una técnica popular, ya que permitía al artista producir muchas copias de un dibujo a mano alzada. A finales del siglo XIX se utilizaban diversas clases de piedras para transferir hasta 30 colores diferentes a una sola hoja de papel con el fin de obtener magníficas litografías de color que parecían dibujos de acuarela. La litografía de color moderna sólo utiliza cuatro tintas para conseguir una amplísima gama de colores naturales (Auge, 2001).

#### 2.4.1.1.1 Offset

Durante la primera mitad del siglo XX se descubrió que la tinta se podía transferir de la superficie litográfica a una superficie intermedia de caucho y de allí a papel. El elemento intermedio, denominado mantilla, es capaz de transferir la tinta al papel y a otros muchos materiales que no pueden ser impresos de forma directa, incluido el plástico y los metales. Gracias a que la mantilla se adapta a la textura de la superficie que se va a imprimir, la calidad de las imágenes litográficas resulta inigualable. La función de la superficie de impresión caliza original corresponde hoy a unas finas planchas de aluminio, aunque también se utilizan otros materiales como acero inoxidable y plásticos. Las planchas se enrollan sobre un cilindro y entran en contacto directo con el cilindro de caucho. Una batería de rodillos de goma y metálicos se encarga de llevar la tinta y el agua a la superficie de la plancha. La tinta pasa en primer lugar al cilindro de caucho y de ahí al papel (Mateus, 2006).

Las planchas litográficas constituyen las superficies de impresión más económicas en la actualidad, lo cual ha contribuido enormemente al éxito del proceso. Las planchas de aluminio llevan un fino recubrimiento de material fotosensible, como los fotopolímeros, que experimenta un cambio de solubilidad al quedar expuesto a una fuente intensa de luz azul y ultravioleta. Las imágenes se transfieren a la superficie cuando se expone la plancha a través de un positivo o un negativo de película. Ciertas sustancias se pueden exponer directamente, mediante una cámara de artes gráficas o un rayo láser controlado por computadora, y se elimina por tanto el coste de la película y se acelera el proceso de confección de las planchas (Jauneau, 1998).

El tamaño de las prensas modernas de offset va desde los duplicadores pequeños alimentados por hojas, usados para pequeños trabajos monocolors como folletos y boletines, hasta las enormes prensas capaces de imprimir millones de ejemplares

de revistas, catálogos y productos de embalaje. Ningún proceso puede exhibir una gama tan amplia de aplicaciones (Auge, 2001). En la Figura 2 se aprecia el esquema de una prensa de impresión offset.

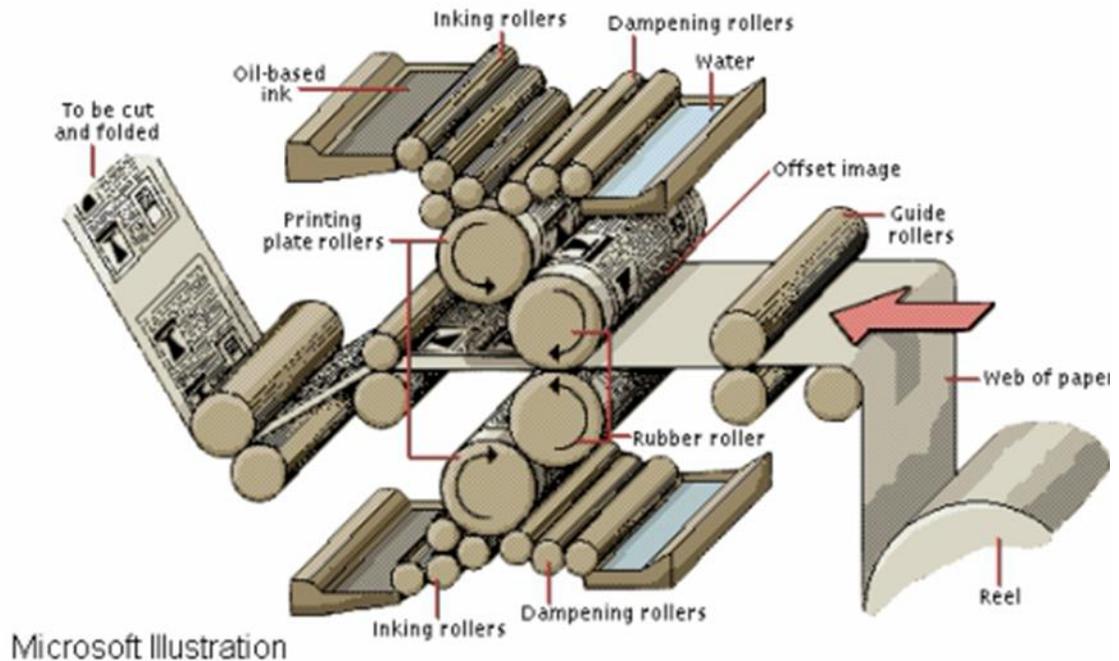


Figura 2. Esquema Impresión OFFSET.

Fuente: (Curso de Tecnología Gráfica Universidad Gutemberg, 2014)

#### 2.4.1.2 Impresión en Relieve

El fundamento del proceso de impresión en relieve es el mismo que el de un tampón de caucho. Se aplica tinta a las zonas más prominentes de la superficie de impresión y a continuación se transfiere al papel o cualquier otro soporte. En la actualidad se utilizan dos formas de impresión en relieve —tipografía y flexografía—, que se diferencian por las características físicas de las superficies de impresión y de las tintas. La tipografía se efectúa utilizando una superficie de impresión de metal o plástico y una tinta de gran viscosidad. La flexografía emplea una superficie blanda de caucho o plástico y una tinta fluida (Jauneau, 1998).

##### 2.4.1.2.1 Tipografía

La tipografía, la forma más antigua de impresión, nació con el invento del tipo de imprenta metálico y móvil fundido a mediados del siglo XV, y durante cinco siglos fue la única técnica de impresión para grandes tiradas. A mediados del siglo XX, y a pesar de su superioridad en cuanto a claridad de impresión y de densidad de la tinta, la tipografía cedió su predominio al offset por ser un proceso mucho más

rápido (Mateus, 2006). Originalmente las superficies de impresión tipográfica se construían ensamblando miles de tipos de plomo que llevaban fundida en relieve una letra o una combinación de éstas con el fin de crear páginas de texto. Se aplicaba entonces tinta a la parte en relieve y se estampaba sobre papel o pergamino. Las letras se combinaban con xilografías y grabados para obtener páginas compuestas con texto e ilustraciones (Auge, 2001).

La primera plancha de impresión tipográfica se fabricó confeccionando el molde de una forma tipográfica y mediante fusión haciendo un duplicado en metal, que se llamó estereotipo (Figura 3). Esta tecnología adquirió una enorme importancia durante la Revolución Industrial, ya que proporcionaba una superficie de impresión de una sola pieza que se podía utilizar en diferentes prensas automatizadas. Los estereotipos curvos obtenidos a partir de moldes de papel maché se utilizaron en rotativas tipográficas para imprimir los periódicos diarios hasta principios de la década de 1970, cuando las técnicas de edición sufrieron un cambio radical y las máquinas de composición de fundición fueron sustituidas en gran medida por la tipografía automatizada (Auge, 2001).



Figura 3. Plancha tipográfica o Estereotipo.

Fuente: (Soto, s.f.)

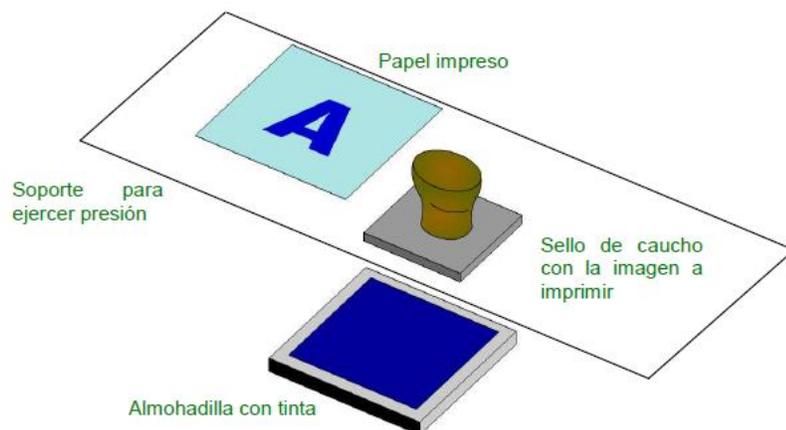
#### 2.4.1.2.2 Impresión Flexográfica

Se llaman flexográficos aquellos sistemas de impresión tipográfica cuya forma es blanda y flexible. Se puede tratar de estereotipos de goma muy parecidos a los sellos de goma que se usan en las oficinas. La flexografía trabaja casi exclusivamente con prensas rotativas, o sea que la plancha suele estar montada en

un cilindro. La tinta es muy líquida, muchas veces a base de alcohol y anilinas. La forma se suele entintar con rodillos estucados que permiten retener determinada cantidad de tinta (Riat, 2006).

El proceso de impresión flexográfica se puede comprender haciéndola una similitud entre el proceso manual de colocar un sello a través de un modelo de caucho, en el que aparecen cuatro elementos principales (Figura 4). (Cachaya, 2008)

- Sistema de entintado: Consiste en una almohadilla impregnada de la tinta a aplicar sobre la cual se presiona el sello de caucho.
- Sello de caucho: Contiene la figura a imprimir a partir de un caucho en alto relieve.
- Papel: Es el sustrato sobre el cual se realiza la impresión de la figura grabada en el sello, debe tener la propiedad de retener la tinta y permitir su secado.
- Soporte: En el caso del sello de caucho, corresponde a la superficie sobre la cual se realiza la impresión del sello, su función es permitir realizar una presión con el sello de caucho sobre el sustrato.

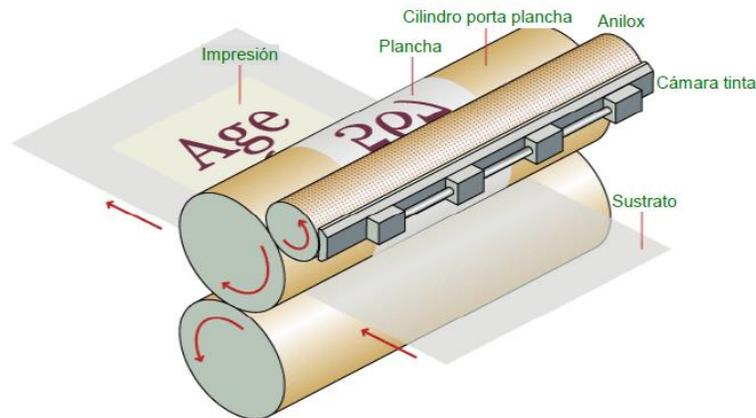


Fuente:  
(Cachaya, 2008)

Figura 4 Elementos de Impresión con sello de caucho.

El proceso de impresión flexográfica utiliza los mismos elementos básicos dispuestos en cilindros giratorios denominados: bandeja o cámara de tinta, rodillo entintador, anilox, cilindro porta plancha, plancha flexográfica, sustrato y rodillo cama. Entre todos estos elementos se forma la prensa de impresión (Curso de Tecnología Gráfica Universidad Gutenberg, 2014). (Figura 5)

- Cámara de tinta. Almacena la tinta frente a la prensa, para mantener un surtido permanente para el proceso, conforma un circuito de flujo con una bomba y un depósito auxiliar, para evitar el secado de la tinta y mantener la viscosidad.



**Figura 5. Impresión Flexográfica con Rodillos.**

Fuente: (Santamaría, 2005)

- Rodillo Entintador. Realiza una función intermedia de dosificación recogiendo tinta del depósito formado en la cámara y entregándola al rodillo anilox a través del contacto de rodadura. Este rodillo viene recubierto en un material blando, por lo general caucho.
- Rodillo Anilox. Su función es la de realizar la dosificación de la tinta en las cantidades óptimas para el diseño a imprimir sobre la plancha flexográfica de impresión. Esta dosificación se logra a través del grabado de cavidades de dimensiones controladas en la superficie del rodillo, las cuales almacenan una cantidad conocida de tinta. En el símil con sello de caucho, los rodillos entintador y anilox, junto con la cámara hacen las veces de almohadilla que suministran la tinta al sello.
- Cilindro porta plancha. Un cilindro intercambiable sobre el cual se adhiere la plancha flexográfica cuyo desarrollo determina la longitud de la repetición del diseño impreso.
- Plancha Flexográfica. Fabrica en materiales poliméricos fotosensibles, contienen en alto relieve parte de la figura a imprimir, ya que la imagen total se divide en colores que se imprimen uno a uno en diferentes unidades de

impresión. El conjunto cilindro porta plancha y plancha hacen las veces del sello de caucho en el proceso manual.

- Sustrato. En los procesos de impresión el sustrato utilizado es polietileno de alta o baja densidad. Las prensas de impresión pueden utilizar sustratos como diferentes polímeros, textiles o papel.
- Rodillo cama. Hace las veces de soporte, para recibir la presión ejercida por el rodillo y la plancha flexográfica contra el sustrato.

Todos los elementos giratorios del proceso mantienen una velocidad lineal uniforme, para evitar deslizamientos en la película y por consiguiente defectos de impresión. Esto se logra a través de engranajes solidarios a los ejes.

También es necesario que los rodillos entintador y anilox permanezcan en giro cuando no se está realizando impresión, para mantener la viscosidad de la tinta empleada.

Cuando se quieren realizar impresiones de figuras complejas, se utilizan varias unidades de impresión consecutivas cada una con un color, para obtener el diseño final deseado. Para esto, es necesario usar cámaras de secado con aire caliente entre cada unidad y un secado final antes de embobinar nuevamente el rollo impreso. (Cachaya, 2008)

En este tipo de impresión hay muchas variables que deben controlarse: (Santamaría, 2005) (Esto implica el empleo de operarios hábiles y con cierta experiencia).

1. Presión de dosificación, que varía con la presión entre la cámara de tinta y el anilox. Esta operación es manual.
2. Presión de entintado entre el rodillo de entintado y la cámara de tinta.
3. Presión de impresión entre el rodillo entintador y cilindro porta plancha en conjunto con la plancha, también se ajusta manualmente.
4. La uniformidad en el espesor de la plancha



**Figura 6. Impresora Flexográfica 6 colores.**

Fuente: (Curso de Tecnología Gráfica Universidad Gutenberg, 2014)

#### 2.4.1.3 Grabado

El grabado, denominado asimismo huecograbado, es un proceso de impresión de gran tirada que utiliza un mecanismo de transferencia de tinta por completo distinto de la impresión en relieve. La superficie de impresión es un rodillo metálico pulimentado recubierto por un conjunto de diminutas cavidades o celdas (hasta 20.000 por centímetro cuadrado) que conforman las imágenes a imprimir (Figura 7). El rodillo, que puede alcanzar una longitud de 2,5 m o más, está parcialmente sumergido en un recipiente de tinta líquida disuelta. A medida que gira va quedando bañado en tinta. Una cuchilla de acero de la longitud del rodillo elimina la tinta sobrante de la superficie pulimentada, dejando sólo la que ha entrado en las cavidades. La tinta se transfiere inmediatamente a una bobina de papel en movimiento que se comprime contra el rodillo (Jauneau, 1998).

Los rodillos de grabado están hechos de acero con un fino recubrimiento de cobre, dispuesto con métodos químicos o electrónicos con el objeto de formar las celdas que transfieren la tinta. Una vez creadas las cavidades, el cilindro se recubre con una fina película de cromo para conseguir una superficie dura resistente a la cuchilla. Cada una de las celdas transfiere un punto diminuto al papel. Las celdas pueden tener diferente profundidad, lo que crea un grado de oscuridad distinto en los puntos de tinta. Esto permite obtener en el grabado una amplia gama de tonos grises y proporciona una magnífica reproducción de originales fotográficos (Auge, 2001).



**Figura 7. Prensa de gradado.**

Fuente: (Empresa Aceroarte, s.f.)

#### 2.4.1.4 Serigrafía

Denominada originalmente impresión con estarcido de seda debido a las pantallas de seda que utilizaba, la serigrafía tiene una gran importancia en la producción de los más diversos objetos industriales, tales como paneles de decoración, tableros impresos, conmutadores sensibles al tacto, recipientes de plástico o tejidos estampados. Las pantallas para la serigrafía comercial suelen fabricarse por medios fotomecánicos. Sobre un bastidor rectangular se tensa un fino tejido sintético o una malla metálica y se le aplica un revestimiento de fotopolímero. Al exponerlo a través de un positivo de película se produce un endurecimiento en las zonas que no se quieren imprimir. Se lava entonces la sustancia que no ha quedado expuesta y se crean las zonas abiertas en la pantalla (Jauneau, 1998). En la prensa, la malla se pone en contacto con la superficie a imprimir, y se aplica la tinta a través de las zonas abiertas del cliché mediante un rodillo de caucho (Figura 8).

Las prensas para la serigrafía van desde los sencillos equipos manuales para estampar a pequeña escala camisetas y letreros hasta las grandes prensas para aplicaciones multicolores y de grandes tiradas. El proceso se caracteriza por su capacidad para imprimir imágenes con buen nivel de detalle sobre casi cualquier superficie, ya sea papel, plástico, metal y superficies tridimensionales. Además es el único proceso importante de impresión que se utiliza de forma habitual para producir imágenes que no están a la vista. Los dibujos de los circuitos en los paneles sensibles al tacto, por ejemplo, están serigrafiados con tintas conductoras especiales (Auge, 2001).



Figura 8. Presa serigrafía.

Fuente: (Mateus, 2006)

## 2.5 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD

Si se define calidad desde una perspectiva manufacturera su concepto se basaría en el resultado de las buenas prácticas de ingeniería y manufactura con un apego importante a las especificaciones técnicas (Figueroa, 2012), aunque el concepto de calidad es mucho más amplio este no es factor de estudio de este trabajo. Es importante resaltar que el mantenimiento como filosofía hace parte del concepto de calidad.

Las herramientas de calidad que se incluyen es este marco teórico son las aplicadas a lo largo del trabajo de grado en diferentes análisis, existen muchas herramientas de la calidad (Diagrama causa-efecto, Planillas de inspección, gráficos de control, diagramas de flujo, histogramas, gráficos de Pareto, gráficos de dispersión etc.), dentro de las cuales caben resaltar las tres que se muestran a continuación.

### 2.5.1 Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Espina de Pescado, Diagrama Causa-Efecto o Diagrama Ishikawa, fue ideado por Kaoru Ishikawa, un estudioso japonés de temas de calidad. Es un método gráfico; en el que se presenta un esquema que simula las espinas de un pescado, de ahí su nombre más común. A la derecha del esquema, en la "cabeza del pez", se ubica el "Efecto" y en las espinas se indican los llamados elementos de causas. (Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno, 2015).

Este método permite, a través de la realización de una tormenta de ideas determinar las causas que dan lugar a los problemas o aspectos que estamos tratando de

entender, identificados como “Efecto”. Las principales categorías de causas se ordenan a través de las denominadas “ espinas”. Estas incluyen entre otras, categorías como por ejemplo; Métodos de trabajo, Equipos, Mediciones, Materiales, Sistemas, Personas, Gestión, que ayudan a organizar las ideas para identificar posibles factores causales, denominadas espinas, que conducen al resultado, “Efecto” (IngenieriaIndustrialOnline, 2016).

Las causas posibles del efecto son ramificadas dentro de los diagramas de tal forma que toda relación es claramente perceptible. Existen varios métodos según el fin, para realizar diagramas causa y efecto, dependiendo de la organización y disposición, tales como:

- a. Análisis de dispersión.
- b. Clasificación de procesos de producción o prestación del servicio.
- c. Enumeración de causas.

#### 2.5.1.1 Como se Aplica el diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa se aplica siguiendo cuatro sencillos pasos:

##### 1. Identificar el efecto:

Identificar y definir con exactitud el efecto, entendido como el problema, fenómeno, evento, característica de calidad u otra, o situación que se quiere analizar. Debe plantearse de manera clara y concreta para que el análisis sea efectivo y se eviten confusiones.

##### 2. Identificar las principales categorías dentro de las cuales puede clasificarse las causas del problema:

Para identificar categorías en un diagrama Causa-Efecto, es necesario definir los factores que dan origen al efecto, problema, fenómeno, evento, característica de calidad u otra, o situación que se quiere analizar y que hacen que se presente de una manera determinada.

Se asume que todas las causas del problema que se identifiquen, se clasifican dentro de alguna de las categorías definidas. La mejor estrategia para identificar la mayor cantidad de categorías posibles, es realizar una tormenta de ideas con el equipo de trabajo. Cada categoría que se defina representa una de las espinas principales del pescado.

##### 3. Identificar las causas

Mediante una tormenta de ideas y teniendo en cuenta las categorías encontradas, se deben identificar las causas del problema. Éstas están asociadas a cada una de las categorías definidas anteriormente. Las causas que se identifiquen se deben

ubicar en las espinas del pescado. Si una o más de las causas identificadas conllevan una problemática mayor, ésta puede descomponerse en sub-causas, las cuales se ubican como espinas más pequeñas, que a su vez confluyen en la espina correspondiente de la causa principal y esta hacia el efecto o problema.

#### 4. Analizar el diagrama.

Una vez generado el diagrama, se debe discutir, definiendo cuales son las causas más probables de las identificadas, las que se señalan o identifican en el gráfico y posteriormente se generan planes de acción, con el fin de subsanar esa situación o efecto y evitar la recurrencia del hallazgo.

Cuando se finalice el diagrama debe quedar con la siguiente forma:

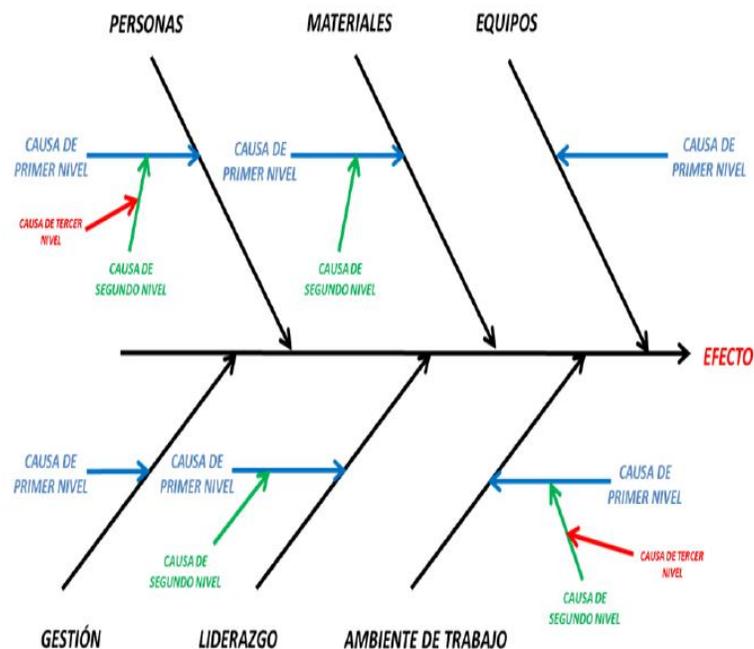


Figura 9. Ejemplo diagrama de Ishikawa.

Fuente: (Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno, 2015)

#### 2.5.2 Análisis DOFA

El método DOFA, o matriz DOFA es una herramienta de diagnóstico empresarial usada frecuentemente por su fácil interpretación y desarrollo. (Correa, 2010).

La matriz D.O.F.A. es una importante herramienta de formulación de estrategias que conduce al desarrollo de cuatro tipos de estrategias: FO, DO, FA y DA. Las letras F, O, D y A representan fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Las estrategias FO se basan en el uso de las fortalezas internas de una empresa con el objeto de aprovechar las oportunidades externas. Sería ideal para una

empresa poder usar sus fortalezas y así mismo explotar sus oportunidades externas. Ella podría partir de sus fortalezas y mediante el uso de sus recursos aprovecharse del mercado para sus productos y servicios. Por ejemplo, Mercedes Benz, a través de sus conocimientos técnicos y su imagen de calidad (fortalezas internas) podría usar para su beneficio la creciente demanda de carros de lujo (oportunidad externa) ampliando su producción. La matriz DOFA posee una estructura la cual se observa en la Tabla 1.

La matriz DOFA se realiza siguiendo 8 pasos:

1. Hacer una lista de las fortalezas internas claves.
2. Hacer una lista de las debilidades internas decisivas.
3. Hacer una lista de las oportunidades externas importantes.
4. Hacer una lista de las amenazas externas claves.
5. Comparar las fortalezas internas con las oportunidades externas y registrar las estrategias FO resultantes en la casilla apropiada.
6. Cortejar las debilidades internas con las oportunidades externas y registrar las estrategias DO resultantes.
7. Comparar las fortalezas internas con las amenazas externas y registrar las estrategias FA resultantes.
8. Comparar las debilidades de con las amenazas y registrar la estrategia para minimizarlas DA resultantes.

<p><b>FACTORES EXTERNOS</b></p> <p><b>FACTRES INTERNOS</b></p>	<p><b>FORTALEZAS</b></p>	<p><b>DEBILIDADES</b></p>
<p><b>OPORTUNIDADES</b></p>	<p><b>FO</b></p> <p>Estrategias para maximizar Fortalezas y Oportunidades</p>	<p><b>DO</b></p> <p>Estrategias para minimizar Debilidades y maximizar Oportunidades</p>
<p><b>AMENAZAS</b></p>	<p><b>FA</b></p> <p>Estrategias para maximizar Fortalezas y minimizar Amenazas</p>	<p><b>DA</b></p> <p>Estrategias para minimizar Debilidades y Amenazas</p>

Tabla 1. Estructura de la Matriz DOFA.

Fuente: Autor

### 2.5.3 Técnica de revisión y evaluación de programas PERT, CPM.

El método PERT (Program Evaluation and Review Technique –Técnica de evaluación y revisión de programas) es un método que sirve para planificar proyectos en los que hace falta coordinar un gran número de actividades. (Taha, 2012).

Por ejemplo, supongamos que se desea aplicar la estrategia de las “5s” en una empresa como es el caso de este trabajo de grado. El PERT es una herramienta que nos permite planificar las diferentes actividades que son necesarias para la aplicación de la estrategia mencionada. El PERT se utiliza para encontrar respuesta a una serie de preguntas, como:

- ¿Cuándo se debe empezar a planificar la estrategia?
- ¿Qué actividades o tareas se deben realizar?
- ¿En qué orden se deben realizar las actividades o tareas?
- ¿Qué actividades o tareas son más importantes si queremos evitar retrasos?

- ¿Qué retrasos se pueden permitir?
- ¿Qué ocurrirá en el proyecto si terminamos una tarea antes o después de lo previsto?

El método PERT nos permite representar gráficamente las diferentes actividades que componen el proyecto y calcular los tiempos de ejecución de forma que podamos contestar a esas preguntas. Como ejemplo para seguir la secuencia de pasos y comprender la elaboración de un diagrama PERT se expone el siguiente problema. “Se desea saber si se puede realizar un viaje de fin de curso con éxito”. (Universidad Técnica Federico Santa María, 2014).

Para ello se deben seguir cuatro pasos:

1. Hacer un listado de actividades o tareas.

Se tienen que elaborar un listado de todas las tareas que son necesarias para poder llevar el proyecto a buen término. En este punto, no es necesario que las tareas estén ordenadas cronológicamente. Simplemente se trata de hacer una lista de tareas lo más completa posible. Es fundamental que no se deje ninguna tarea fuera.

En el caso del ejemplo donde se debe organizar un viaje de fin de curso y, por tanto, una posible lista de tareas sería la siguiente:

- A. Contactar con otros compañeros que podrían estar interesados en organizar el viaje y formar un comité organizador.
- B. Elaborar una lista de agencias de viaje potenciales.
- C. Recabar información acerca de diferentes destinos turísticos, con presupuestos orientativos.
- D. Estudiar posibles fechas para el viaje.
- E. Preparar una reunión informativa para ver la disponibilidad de los compañeros de clase y discutir destinos y fechas.
- F. Aproximando el número de personas interesadas y las fechas aproximadas, negociar con diferentes agencias.
- G. Organizar una reunión para decidir la opción final.
- H. Recaudar reservas de plaza.
- I. Organizar el pago completo
- J. Preparar folleto informativo para los participantes.

Las actividades se organizan siguiendo el alfabeto, y en el caso que sean más de 26 letras se reinicia el alfabeto con dos letras es decir, AA, AB, etc.

## 2. Hacer una tabla de precedencias

Para cada actividad, se trata de establecer qué actividad o actividades deben precederla. Es decir, se toma la lista de actividades, que posiblemente estará desordenada, y se ordenan las tareas según una relación de precedencia (Tabla 2). En la tabla, indicamos en la columna de la izquierda cada una de las tareas y, en la columna de la derecha, las tareas que la preceden, es decir: aquellas tareas que necesariamente tenemos que haber terminado antes de poder empezar cada tarea.

ACTIVIDADES	ACTIVIDADES PRECEDENTES
A	-
B	A
C	A
D	A
E	B,C,D
F	E
G	F
H	G
I	H
J	G

Tabla 2. Tabla de actividades con precedencia (Ejemplo).

Fuente: Autor

Por ejemplo, para poder empezar la tarea C (recabar información acerca de posibles destinos turísticos), es necesario haber terminado la tarea A (formar un comité organizador): al fin y al cabo, es el comité organizador el que va a tener que contactar con las agencias y recabar información.

Cada una de las relaciones de precedencia que se tienen en la tabla se puede representar gráficamente. Hay que tener en cuenta que existen 4 tipos de grafos.

Nudo inicial:

De él deben partir todas las actividades que no tienen precedente. En nuestro caso, sólo hay una actividad sin precedente y por tanto dibujaríamos el grafo correspondiente a la Figura 10a.

Precedencias lineales:

Corresponden a los casos en los que hay una única actividad que precede y una única actividad que procede (Figura 10b).



Figura 10. Ejemplo grafo: a. Nudo Inicial. b. Precedencia lineal.

Precedencias de divergencia:

Corresponden a los casos en los que hay una actividad que precede y varias actividades que proceden. En el caso de este ejemplo se dibujaría el grafo correspondiente a la Figura 11a.

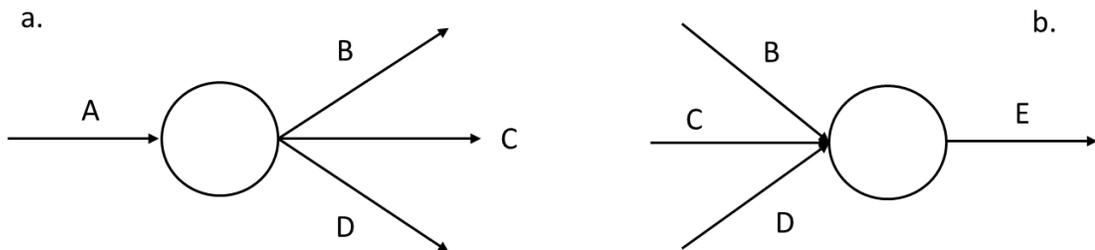


Figura 11. Ejemplo grafo: a. Precedencias de Divergencia b. Precedencia de convergencia

Precedencias de convergencia:

Corresponden a los casos en los que hay varias actividades que preceden y una única actividad que procede (Figura 11b).

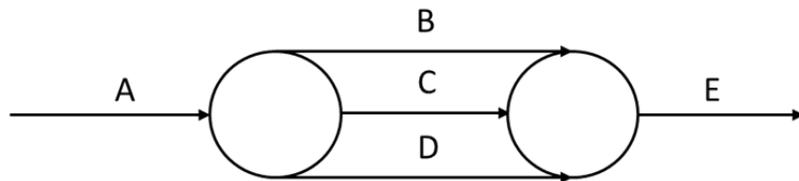
### 3. Dibujar el grafo

Se hace siguiendo 3 reglas:

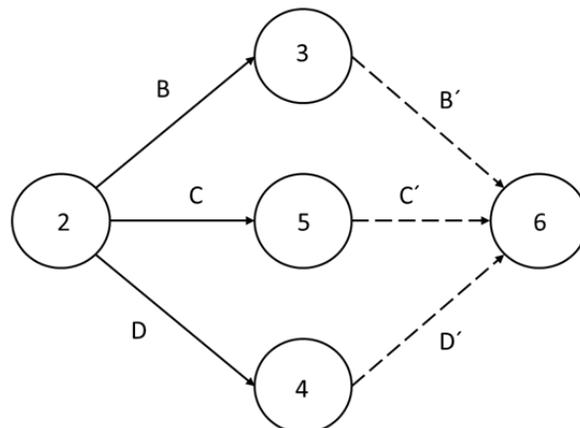
- Un nodo sólo puede numerarse una vez que se han numerado todos los nodos que le preceden (que tienen flechas que llegan hasta él).
- Debe haber un único nodo de comienzo y un único nodo de final.
- Dos flechas que parten del mismo nodo no pueden tener el mismo nodo de destino.

Esta última regla es la menos intuitiva. Puede suceder perfectamente que, para pasar de una fase del proyecto a la siguiente, sean necesarias varias actividades distintas. Por ejemplo, en el ejemplo mostrado en el apartado 6.3.3, las actividades B, C y D son proceden de A y preceden a E. En principio, esto se podría representar de la forma que muestra la Figura 12b.

a.



b.

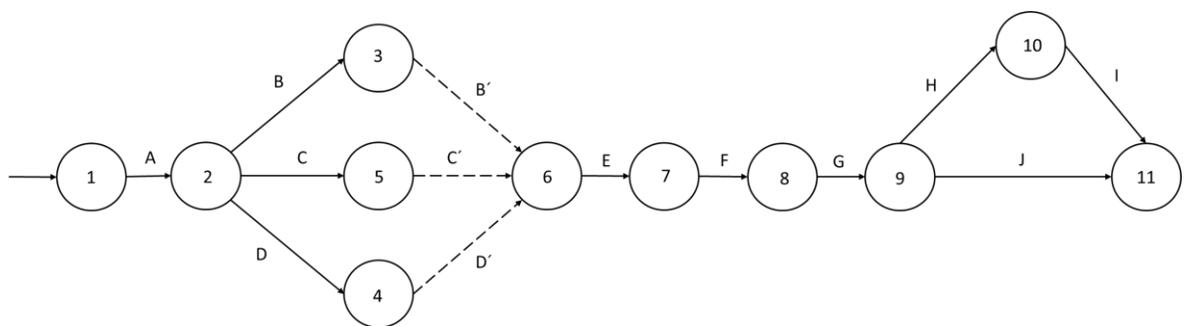


**Figura 12 A. Representación errónea de actividades precedentes. (Solo 1 actividad puede llegar a un nodo específico). B. Forma de dibujar esta relación sin siguiendo el principio de designación.**

Sin embargo es interesante (para que la notación no sea demasiado pesada a medida que el PERT se complica) poder definir una actividad como un conjunto de 2 nudos (los 2 nudos que están ligados por esa actividad); y con la forma de representación que se acaba de plantear esto no sería posible. Por eso, se utiliza la siguiente representación:

Son añadidas 3 actividades “ficticias” (con los nombres B’, C’ y D’) y 3 nudos intermedios simplemente para respetar el principio de designación unívoca. (Figura 12b).

Para construir el grafo completo, utilizamos las reglas descritas anteriormente y obtenemos el grafo de la Figura 13.



**Figura 13. Grafo del Ejemplo PERT.**

#### 4. Análisis de duraciones: Tiempos “early” y “last”.

El grafo PERT se utiliza para calcular la duración del proyecto y para evaluar la importancia de las diferentes tareas:

- Tiempo “early”: tiempo mínimo necesario para alcanzar un nudo.
- Tiempo “last”: tiempo máximo que podemos tardar en alcanzar un nudo sin que el proyecto sufra un retraso.

Las duraciones previstas nos vienen dadas por las características de las diferentes tareas: hay tareas que llevan más o menos tiempo.

Por el contrario, los tiempos early y last dependen de la relación entre las diferentes tareas, y podemos calcularlos a través del grafo PERT.

Por ejemplo, si se supone que las duraciones previstas son las de la Tabla 3.

ACTIVIDADES	DURACIÓN (SEMANAS)
A	4
B	4
C	8
D	1
E	3
F	7
G	3
H	6
I	10
J	2

**Tabla 3. Ejemplo duración de las actividades.**

A continuación se incorporan estos datos al grafo PERT, de la siguiente forma:

- Debajo de cada flecha, colocamos la duración de la actividad correspondiente.
- Para los tiempos early se empieza por el nudo inicial, asignándole un tiempo early = 0. A partir de este nudo, el tiempo early de cada nudo será igual al tiempo early del nudo anterior adicionado a la duración de la actividad precedente. Si hay varios nudos y actividades inmediatamente anteriores, se toma el máximo.
- Para los tiempos last: empezamos por el nudo final, asignándole un tiempo last igual a su tiempo early. A partir de este nudo, el tiempo last de cada nudo será igual al tiempo last del nudo posterior menos la duración de la actividad precedente. Si hay varios nudos y actividades inmediatamente posteriores, se toma el valor mínimo.

Decimos que hay “HOLGURA” en un nudo cuando el tiempo early es inferior al tiempo last. Que haya holgura significa que se puede permitirnos un retraso sin que la duración total del proyecto se vea comprometida.

No hay holgura en un nudo cuando el tiempo early es igual al tiempo last. El "CAMINO CRÍTICO" o ruta crítica es la senda definida por los nudos que no tienen holgura. Este camino es importante porque indica todas las actividades para las cuales es importante que no haya ningún retraso.

En el caso del ejemplo, existe holgura únicamente en 2 actividades:

- B (Elaborar la lista de agencias de viajes potenciales)
- D (Estudiar posibles fechas para el viaje)

A continuación se muestra el grafo PERT completo:

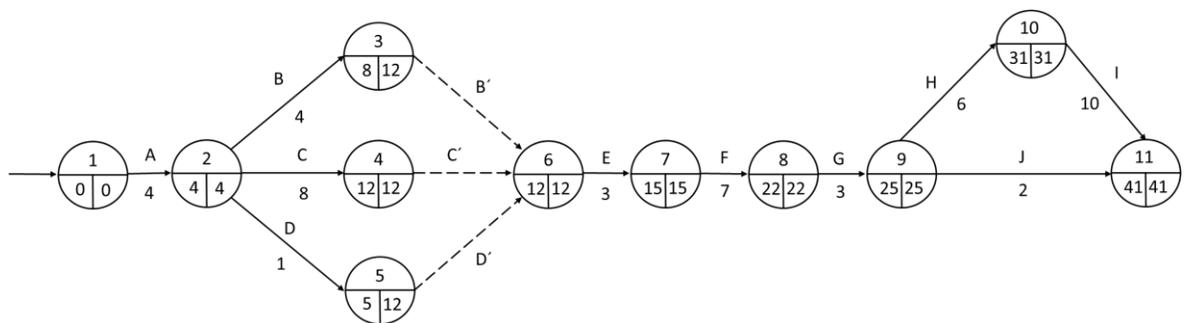


Figura 14. Grafico PERT completo para el ejemplo.

## 2.6 HERRAMIENTAS DEL MANTENIMIENTO

### 2.6.1 Conceptos Básicos de mantenimiento

El papel principal de mantenimiento es incrementar la confiabilidad de los sistemas de producción realizando actividades tales como planeación, organización, control y ejecución de métodos, buscando la conservación de los equipos. (Mora, 2009) Sus funciones van más allá de las reparaciones que se presentan y su importancia se aprecia en la forma en que las fallas se disminuyen como resultado de una buena gestión que involucre todo el departamento de mantenimiento, el apoyo de la gerencia y en general de toda la empresa.

Los procesos industriales tienen como visión optimizar costos en instalaciones, sistemas industriales y mano de obra para así obtener la rentabilidad, la calidad y la cantidad esperada, la alta productividad se logra en el uso racional de los recursos para lograr un beneficio económico tangible, dentro de esto se encuentra el mantenimiento de las maquinas en condiciones óptimas de funcionamiento. (Rey, Mantenimiento Total de la Produccion, 2003).

Los elementos comunes encontrados en las empresas muestran que la gestión de mantenimiento debe poseer unos parámetros comunes para su buen desempeño,

algunos de ellos como: la definición de metas claras para realizar una mejor labor, la toma de decisiones debe realizarse con base en un sistema de información (en el caso de este trabajo de grado con la experiencia del operario de la impresora flexográfica, ya que no se lleva seguimiento de las maquinas), la planeación y control de las actividades principales de mantenimiento, la investigación y renovación con respecto a la gestión tecnológica de mantenimiento, etc.; todos aquellos con el fin de tener un buen nivel de gestión y ejecución de mantenimiento. (Osorio, 2012).

La labor primordial de mantenimiento es asegurar la mayor disponibilidad de los sistemas técnicos, preveniendo o prediciendo cualquier tipo de evento que pueda alterar su optimo desempeño, manteniendo su función en el tiempo. Pero además de esto, el área de mantenimiento debe velar por que su costo dentro de la empresa siempre se mantenga dentro de unos márgenes determinados, optimizando los costos de operación.

La norma Covenin define mantenimiento como el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado, pero para conocer el estado actual de mantenimiento y el papel que desarrolla en las empresas, es importante conocer como ha sido el avance de este en los últimos tiempos y como ha sido su relación con su principal cliente, producción.

**Tabla 4. Evolución Histórica del mantenimiento.**

		Producción - Manufactura		Mantenimiento e ingeniería de fábricas	
Etapa	Sucede aproximadamente	Orientación hacia...	Necesidad específica	Orientación hacia...	Objetivo que pretende
I	antes de 1950	el producto	generar el producto	hacer acciones correctivas	reparar fallos imprevistos
II	entre 1950 y 1959	la producción	estructurar un sistema productivo	aplicar acciones planeadas	prevenir, predecir y reparar fallos
III	entre 1960 y 1980	la productividad	optimizar la producción	establecer tácticas de mantenimiento	gestar y operar bajo un sistema organizado
IV	entre 1981 y 1995	la competitividad	mejorar índices mundiales	implementar una estrategia	medir costos, CMD, compararse, predecir índices, etc.
V	entre 1996 y 2003	la innovación tecnológica			
VI	desde 2004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinada entre ambas dependencias anticiparse a las necesidades de los equipos y de los clientes de mantenimientos - Predicciones - Pronósticos - Gestión de activos			

Fuente: (Mora, 2009)

Cabe resaltar que el objetivo del mantenimiento siempre ha sido a conservación de los equipos, pero a través del tiempo se han integrado a esta área muchas mejoras

administrativas que conllevan a un mejor manejo de los recursos y una planeación acorde a las necesidades.

#### 2.6.1.1 Etapas del mantenimiento

Para hacer un análisis del estado del mantenimiento de cualquier tipo de empresa, es importante conocer su punto de desarrollo o estado en el que se encuentra, para así ajustar que exigencias debería tener o que se puede esperar. Así mismo implementar un plan de trabajo o sugerencias para su consiguiente avance al próximo nivel. (Mora, 2009).

##### 2.6.1.1.1 Etapa 1

En su primer momento de desarrollo, el mantenimiento busca devolver la funcionalidad a la maquina después que se ha presentado la falla, estas acciones son de naturaleza correctiva, ya que los equipos se intervienen cuando han perdido completamente su función. La etapa 1 es el momento donde aparecen todos los instrumentos de mantenimiento, en ese momento se contrata o se entrena todo el personal, con el fin de capacitarlo para realizar las primeras acciones de mantenimiento, que son de naturaleza correctiva. (Mora, 2009).

El mantenimiento correctivo es el único efectuado en esta etapa, las piezas y equipos son llevados al límite de su vida útil, hasta la falla y con la acción de mantenimiento se recupera la función inicial, consiste en reemplazar las piezas que no funcionan sin aplicar un mayor análisis sobre la causa raíz del problema.

##### 2.6.1.1.2 Etapa 2

La complejidad de los quipos en la industria en esta etapa aumenta el costo por acciones correctivas, por esto nacen dos acciones de mantenimiento: preventivo y predictivo como una opción para reducir las paradas y tiempos improductivos que afectaban la producción en la etapa 1.

Las técnicas y metodologías propias de las acciones planeadas de mantenimiento empiezan a utilizarse en esta etapa, la empresa adquiere el conocimiento y la destreza para diferenciar las acciones propias de mantenimiento antes y después de la falla. (Mora, 2009).

En el medio industrial es muy común encontrar empresas las cuales todavía no se encuentran en esta etapa, caso de flexocucuta, sin profundizar más en procesos de mejora que permitan ver al mantenimiento más como una inversión y no como un gasto.

### 2.6.1.1.3 Etapa 3

Lo que plantean algunos autores es, que esta etapa es alcanzada cuando las industrias han logrado consolidar un plan de trabajo eficiente que conjuga las labores de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, y busca un desarrollo en la parte administrativa del mantenimiento que permita adoptar un sistema organizado para todo el manejo del área productiva y su personal a cargo, es decir, el llamado plan de mantenimiento.

Lo importante en esta fase 3 para las industrias es optimizar su producción, generando un plan de trabajo conjunto que incluya todos los entes de la empresa para maximizar su productividad.

### 2.6.1.1.4 Etapa 4

La etapa 4 es alcanzada en el momento en el departamento de mantenimiento es incluido dentro del plan organizacional en conjunto con el departamento administrativo y demás. En esta etapa las empresas ya desarrollaron las tres anteriores con eficacia y se dedican a medir resultados y conocer cómo se está ejecutando su labor de mantenimiento, por esta razón se empiezan a instaurar diferentes si temas de costeo propio de mantenimiento y un registro histórico de fallas y reparaciones, CMD, etc. (Mora, 2009).

En este punto la meta de la empresa se refiere a competitividad, no localmente, si no comparándose contra los mejores en el área, identificar como se encuentra la empresa con respecto a la empresa líder del sector.

## 2.6.2 Mantenimiento Productivo Total TPM

El mantenimiento posee tres filosofías relacionadas con las acciones que elaboran las industrias en conjunto a sus procesos productivos. A partir de la década de los sesenta empezaron a surgir filosofías para la implantación de la función de mantenimiento dentro de las organizaciones, es así como en la cultura oriental surge el mantenimiento Productivo Total (TPM) y por parte de la cultura occidental nace el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), además en la actualidad ha surgido una filosofía que combina las dos anteriores llamada mantenimiento de clase mundial (WCM).

La filosofía más acorde a los objetivos de este trabajo de grado es la de Mantenimiento Productivo Total. Ya que esta filosofía se base en unos pilares de los cuales se aplicaran algunos en el plan de mantenimiento preventivo que estamos creando para la empresa en cuestión.

La filosofía TPM, Mantenimiento Productivo Total es un sistema gerencial creado e implementado por Seiichi Nakajima que contribuye al progreso de la industria en general. Su metodología es soportada por varias técnicas de gestión, establece las estrategias adecuadas para la adecuada manutención y disposición de los equipos sin paradas no programadas. La filosofía procura cuatro principios fundamentales: satisfacción al cliente, dominio de los procesos y sistemas de producción, implicar a personas a través del mantenimiento autónomo y el aprendizaje y la mejora continua.

#### 2.6.2.1 Pilares del TPM

La filosofía TPM se apoya en ocho puntos vitales para ser implementada estos pilares van soportados en la práctica de las 5s, esta estructura moderna del mantenimiento se basa en el desarrollo de estos pilares para optimizar la productividad de la empresa, con acciones prácticas. Los ocho pilares se muestran en la Figura 15 y son explicados a continuación.

##### 1. *Mejoras enfocadas:*

Son el conjunto de diferentes tareas por realizar en grupos de personas, que permiten optimizar la efectividad de los equipos, plantas y procesos. Su esfuerzo radica en evitar cualquiera de las 16 pérdidas existentes en las empresas.

##### 2. *Mantenimiento autónomo:*

Se basa en la activa participación de los operarios y del personal de producción en mantenimiento, y consiste en que éstos realizan algunas actividades menores de mantenimiento (de baja o mediana tecnología), a la vez que conservan el sitio de trabajo en estado impecable.

##### 3. *Mantenimiento planificado:*

El personal realiza acciones predictivas, preventivas de mejoramiento continuo, que permiten evitar fallas en los equipos o sistemas de producción.

##### 4. *Mantenimiento de la calidad:*

Se trata de mantener las condiciones óptimas de funcionalidad de los equipos, con el fin de no desmejorar la calidad de los productos en esos momentos en que se inicia y se mantiene la no funcionalidad adecuada de las máquinas o equipos.

##### 5. *Mantenimiento temprano, prevención del mantenimiento:*

Son todas las tareas de la fase de diseño, construcción, montaje y operación de los equipos, que permiten garantizar la calidad de la operación y de los productos o

bienes que generan las máquinas. Pretende elevar y mantener al máximo posible la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos.

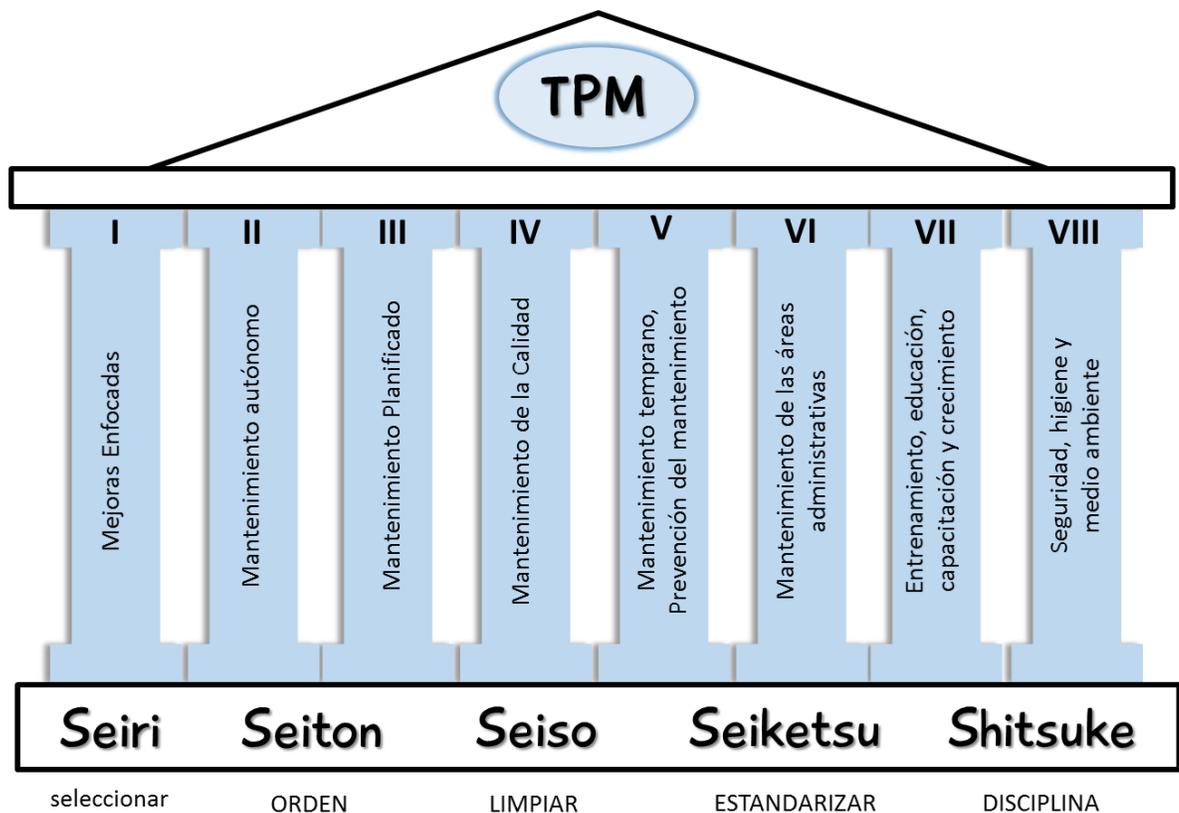


Figura 15. Pilares del TPM.

Fuente:Autor.

#### 6. Mantenimiento de las áreas administrativas:

Se trata de que las áreas de apoyo logístico a operación, producción y mantenimiento sean las más adecuadas para evitar pérdidas. Dichas áreas son el ADT, LDT, LDT y otras, utilizadas con el fin de mejorar los procesos administrativos y de operación indirecta.

#### 7. Entrenamiento, educación, capacitación y crecimiento:

Se trata de establecer políticas que permitan que todos los empleados de producción y de otras áreas de la compañía, que inciden en la ingeniería de fábricas, se mantengan educados, entrenados, motivados, etc., con las mejores prácticas internacionales y que permanentemente estén creciendo en lo personal e institucional. De esta forma se pueden evitar o solucionar problemas de una manera eficaz, pues se busca que todos los empleados conozcan el funcionamiento de cada

máquina, que detecten la incidencia de la funcionalidad de las máquinas en la calidad de los productos y que posean en todo momento las mejores habilidades y competencias para su trabajo.

#### 8. Seguridad, higiene y medio ambiente:

Por medio de la aplicación de los instrumentos de mejoramiento continuo y 5S, se garantiza la inexistencia o la minimización de accidentes laborales o industriales. Se procura que todo el personal sea capaz de prevenir y evitar riesgos, de mantener unas condiciones adecuadas de higiene y seguridad en el puesto de trabajo y en las áreas productivas, y pretende proteger y conservar el medio ambiente.

#### 2.6.2.2 Implementación del TPM en una empresa

El Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) desarrolló un método en siete pasos cuyo objetivo es lograr el cambio de actitud indispensable para el éxito del programa. Los pasos para desarrollar este cambio de actitud se resumen a continuación:

##### Fase 1. Aseo inicial.

En esta fase se busca limpiar la máquina de polvo y suciedad, a fin de dejar todas sus partes perfectamente visibles. Se implementa además un programa de lubricación, se ajustan sus componentes y se realiza una puesta a punto del equipo (se reparan todos los defectos conocidos).

##### Fase 2. Medidas para descubrir las causas de la suciedad, el polvo y las fallas.

Una vez limpia la máquina es indispensable que no vuelva a ensuciarse y a caer en el mismo estado. Se deben evitar las causas de la suciedad, el polvo y el funcionamiento irregular (fugas de aceite, por ejemplo), se mejora el acceso a los lugares difíciles de limpiar y de lubricar y se busca reducir el tiempo que se necesita para estas dos funciones básicas (limpiar y lubricar)..

##### Fase 3. Preparación de procedimientos de limpieza y lubricación.

En esta fase aparecen de nuevo las dos funciones de mantenimiento primario o de primer nivel asignadas al personal de producción: Se preparan en esta fase procedimientos estándar con el objeto que las actividades de limpieza, lubricación y ajustes menores de los componentes se puedan realizar en tiempos cortos.

##### Fase 4. Inspecciones generales

Conseguido que el personal se responsabilice de la limpieza, la lubricación y los ajustes menores, se entrena al personal de producción para que pueda inspeccionar

y chequear el equipo en busca de fallos menores y fallos en fase de gestación, y por supuesto, solucionarlos.

#### Fase 5. Inspecciones autónomas

En esta quinta fase se preparan las gamas de mantenimiento autónomo, o mantenimiento operativo. Se preparan listas de chequeo (check list) de las máquinas realizadas por los propios operarios, y se ponen en práctica. Es en esta fase donde se produce la verdadera implantación del mantenimiento preventivo periódico realizado por el personal que opera la máquina.

#### Fase 6. Orden y Armonía en la distribución

La estandarización y la creación de procedimientos es una de las esencias de la Gestión de la Calidad Total (Total Quality Management, TQM), que es la filosofía que inspira tanto el TPM como el JIT. Se busca crear procedimientos y estándares para la limpieza, la inspección, la lubricación, el mantenimiento de registros en los que se reflejarán todas las actividades de mantenimiento y producción, la gestión de la herramienta y del repuesto, etc.

#### Fase 7. Optimización y autonomía en la actividad

La última fase tiene como objetivo desarrollar una cultura hacia la mejora continua en toda la empresa: se registra sistemáticamente el tiempo entre fallos, se analizan éstos y se proponen soluciones. Y todo ello, promovido y liderado por el propio equipo de producción.

### 2.6.3 Tipos de mantenimiento

Algunos autores como Mora clasifican los diferentes tipos de mantenimiento de acuerdo a las acciones que estos realizan sobre los equipos. Mora resalta según la clasificación kantiana del mantenimiento acciones que comprenden básicamente tareas de mantenimiento antes o después de la falla o acciones reactivas y proactivas.

Los tipos de mantenimiento a los que se hace referencia en este trabajo de grado son: Correctivo, preventivo, rutinario y programado los cuales serán detallados.

#### 2.6.3.1 Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en la pronta reparación de la falla y se le considera de corto plazo (Mora, 2009). Este comprende las actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo. Las acciones más comunes que se

realizan son: modificación de elementos de máquinas, modificación de alternativas de proceso, cambios de especificaciones, ampliaciones, revisión de elementos básico de mantenimiento y conservación.

Este tipo de actividades son ejecutadas por el personal de la organización de mantenimiento y o por entes externos, dependiendo de la magnitud, costos, especialización necesaria u otros; su intervención tiene que ser planificada y programada en el tiempo para que su ataque evite paradas injustificadas.

Este tipo de mantenimiento presenta una serie de inconvenientes en diversas áreas de la empresa a saber:

**Personal:** En un comienzo, es decir, cuando el equipo es nuevo, tan solo será necesario un reducido grupo de técnicos para atender las fallas que se presenten, pero con el transcurrir del tiempo, el desgaste del equipo será mayor y traerá como consecuencia un incremento en el número de fallas, que ya no podrán ser atendidas por el mismo grupo de personas, lo cual hace necesaria la contratación de personal de mantenimiento. Por otro lado, su una falla suspende el proceso productivo, el personal de producción se encontrara inactivo por un largo tiempo: pero si además recibe bonificación por la producción, estará presionando para una pronta reparación, y esto influye para que la reparación realizada no sea la mejor.

**Maquinaria:** Una pequeña deficiencia que no se manifieste, puede con el tiempo hacer fallar otras partes del mismo equipo, convirtiéndose así, un arreglo pequeño en una reparación mayor que incrementa los costos debido al aumento y el tiempo de parada del equipo. Esto se podría haber evitado efectuando a tiempo el cambio del elemento, daño que hubiera sido detectado durante una revisión preventiva.

**Inventario:** Casi podría afirmarse que el repuesto requerido para solucionar una falla no se encuentre en ese momento en el almacén, o peor aún no se cuente con stock de repuestos. La consecución de estos elementos exteriormente hace que la demora sea mayor y se incrementen los costos. Esta información, al igual que en el caso anterior, se hubiera podido obtener mediante continuas revisiones preventivas.

**Seguridad:** La seguridad se verá afectada si la falla coincide con un evento inaplazable en la producción y se obliga a los equipos a trabajar en condiciones de riesgo tanto para el personal, como para la maquinaria.

**Calidad:** Por último, la calidad del producto se verá seriamente afectada, ya que el desgaste progresivo de los equipos ocasionará una caída de esta, lo cual dará como resultado un aumento en fallos del producto terminado.

A pesar de estos inconvenientes, la practica enseña que el mantenimiento correctivo es inevitable, así se haya implantado un programa de mantenimiento preventivo, ya que en cualquier momento se pueden presentar fallas no previstas.

### 2.6.3.2 Mantenimiento Programado

Este es otro sistema de mantenimiento que se practica en la actualidad y se basa en la suposición de que las piezas se desgastan siempre en la misma forma y en el mismo periodo de tiempo, así se esté trabajando bajo condiciones diferentes.

El mantenimiento programado toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, operadores y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para los elementos más importantes de un sistema productivo a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar. Su frecuencia de ejecución cubre desde quincenal hasta generalmente periodos de un año. (Comisión Venezolana de Normas Industriales, 1993)

En este tipo de mantenimiento se lleva a cabo un estudio detallado de los equipos de la empresa y a través de él se determina, con ayuda de datos estadísticos en información del fabricante, las partes que se deben cambiar, así como la periodicidad con que se deben hacer los cambios. Una vez hecho esto, se elabora un programa de trabajo que satisfaga las necesidades del equipo.

Aunque este sistema es superior al mantenimiento correctivo, presenta algunas fallas. La principal es el hecho que, con el fin de prestar el servicio que ordena el programa a una determinada parte del equipo, sea necesario retirar o desarmar partes que estén trabajando en forma perfecta.

Para flexocucuta se crearon guías de mantenimiento programado basándose en la experiencia de los operadores de las máquinas y en investigación de la vida útil de algunos componentes de las mismas.

### 2.6.3.3 Mantenimiento Rutinario

El mantenimiento rutinario comprende acciones tales como: lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras; su frecuencia de ejecución es de hasta periodos semanales, generalmente es ejecutado por los mismo operarios del sistema productivo y su objetivo es mantener y alargar la vida útil de la maquinaria evitando su desgaste. (Comisión Venezolana de Normas Industriales, 1993).

Las actividades rutinarias se incluyen dentro del manual de mantenimiento preventivo de la impresora flexográfica en conjunto con acciones programadas.

### 2.6.3.4 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es la práctica de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos, con el objetivo de conocer las condiciones o estados anormales de esos elementos, que pueden llevar a paros en la línea de producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones. Siempre se debe ejecutar un plan de mantenimiento adecuado para retardar la aparición de tales condiciones, mediante ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están aún en estado inicial de desarrollo.

El mantenimiento preventivo normalmente está asociado a un plan de mantenimiento que es generado con el conocimiento de los equipos a los cuales se les realizara la labor, su criticidad en el sistema y con una concreta interacción producción-mantenimiento para el momento más óptimo a realizarse. Para esto se requiere mucha experiencia previa de fallas para la búsqueda de síntomas, al igual que la información propia del fabricante en la cual se hacen unas recomendaciones, que deben ser ajustadas dependiendo del entorno en el cual se encuentra el equipo. (Osorio, 2012).

La acción sistemática de revisar periódicamente, se puede definir como “inspeccionar-controlar y reparar” antes de que se produzca la avería. También se puede decir que es reparar cuando la maquina o instalación productiva están aún, en cuanto a seguridad, calidad y desgaste, dentro de límites aceptables. (Rey, Hacia la excelencia en Mantenimiento, 1996).

Este programa se fundamenta en el estudio de necesidades de servicios de un equipo, teniendo en cuenta cuales de las actividades se efectuaran con el equipo detenido y cuales cuando está en marcha. Además, se estima el tiempo que se toma cada operación y la periodicidad con que se efectúa, con el fin de poder determinar así las horas hombre que requiere una tarea de mantenimiento, al igual que las personas que se van a emplear en determinados momentos del periodo.

Este tipo de mantenimiento posee ciertas ventajas que deben ser resaltadas:

- I. Con un adecuado mantenimiento preventivo, el equipo se conservará en óptimas condiciones de trabajo, permitiendo que la producción continúe su flujo normal sin interrupciones. Los niveles de productividad subirán considerablemente.
- II. Las personas que laboran con estos equipos se sentirán más satisfechas y trabajarán con un alto grado de motivación.
- III. Los equipos no sufrirán un deterioro mayor cuando han sido sometidos continuamente a un mantenimiento preventivo.
- IV. Habrá menos desperdicio de materia prima, al no ocurrir daños inesperados.

- V. En cuanto a inventario se refiere, se podrá establecer fácilmente la cantidad máxima y mínima de repuestos, lo cual es más racional. Se podrán adquirir los repuestos con la debida anticipación.
- VI. Se dispondrá de las herramientas necesarias.
- VII. Se podrá programar el trabajo del personal de mantenimiento; esto facilitara el que se tenga el necesario para cumplir con las labores previstas.
- VIII. Se evitará en lo posible que fallas pequeñas, que no se manifiesten, ocasionen daños mayores. Se podrá planear las reposiciones o reparaciones generales del equipo de acuerdo con producción.
- IX. En conjunto, se disminuirán los costos por una adecuada distribución de os recursos humanos, físicos y financieros.

#### 2.6.4 Estrategia de las “5S”

El método o estrategia de las 5´s hace referencia al principio de orden y limpieza. Está ligada al principio de calidad total que se originó en el Japón a partir de la segunda guerra mundial, bajo la orientación de W. E. Deming hace más de 40 años y está incluida dentro de lo que se conoce como mejoramiento continuo o gamba kaizen. Sus objetivos principales eran eliminar los obstáculos que impiden una producción eficiente, pero su desarrollo trajo aparejado una mejora sustantiva de la higiene y seguridad durante los procesos productivos. Su rango de aplicación abarca desde un puesto ubicado en una línea de montaje de automóviles hasta el escritorio de una secretaria administrativa, y se basa en una premisa básica *“Cuando nuestro entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza perderemos la eficiencia y la moral en el trabajo se reduce”*. (Cerde., 2012).



Figura 16. Esquemización de la estrategia 5S.

Fuente: Autor.

Se llama estrategia de las 5S porque representan acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienza con la letra S:

- Seiri. (Clasificar)
- Seiton. (Orden)
- Seiso. (Limpieza)
- Seiketsu. (Limpieza Estandarizada)
- Shitsuke. (Disciplina)

Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar. Una fábrica limpia y segura nos permite orientar la empresa y los talleres de trabajo hacia las siguientes metas:

- a) Dar respuesta a la necesidad de mejorar el ambiente de trabajo, eliminación de desperdicios producidos por el desorden, falta de aseo, fugas, contaminación, etc.
- b) Buscar la reducción de pérdidas por la baja calidad, tiempo de respuesta y costes con la intervención del personal en el cuidado del sitio de trabajo e incremento de la moral en el trabajo.
- c) Facilitar la creación de las condiciones para aumentar la vida útil de los equipos, gracias a la inspección permanente por parte de la persona que opera la maquinaria.
- d) Mejorar la estandarización y la disciplina en el cumplimiento de los estándares al tener el personal la posibilidad de participar en la elaboración de procedimientos de limpieza, lubricación y ajuste.
- e) Hacer uso de elementos de control visual para mantener ordenados todos los elementos y herramientas que intervienen en el proceso productivo.
- f) Conservar del sitio de trabajo mediante controles periódicos sobre las acciones de mantenimiento de las mejoras alcanzadas con la aplicación de las 5S.
- g) Poder implementar programas de mejora continua.
- h) Reducir las causas potenciales de accidentes y aumentar la conciencia de cuidado y conservación de los equipos y demás recursos de la compañía.

#### 2.6.4.1 SEIRI-CLASIFICACIÓN (“Desechar lo que no se necesita”)

La primera "S" de esta estrategia aporta métodos y recomendaciones para evitar la presencia de elementos innecesarios. El Seiri consiste en separar en el sitio de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven, clasificar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario, mantener lo que se necesita y eliminar lo excesivo, separar los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo, organizar las herramientas en sitios donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible, eliminar elementos que afectan el funcionamiento de los equipos y que pueden conducir a avería y eliminar información innecesaria y que nos puede conducir a errores de interpretación o de actuación. (INFOTEP, 2010)

El primer y más directo impacto del Seiri está relacionado con la seguridad. Ante la presencia de elementos innecesarios, el ambiente de trabajo es tenso, impide la visión completa de las áreas de trabajo, dificulta observar el funcionamiento de los equipos y máquinas, las salidas de emergencia quedan obstaculizadas, todo esto hace que el área de trabajo sea más insegura.

La práctica del Seiri además de los beneficios en seguridad permite:

- Reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos de trabajo.
- Mejorar el control visual de stocks de repuestos y elementos de producción, carpetas con información, planos, etc.
- Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer tiempo expuestos en un ambiente no adecuado para ellos.
- Facilitar el control visual de las materias primas que se van agotando y que se requieren para un proceso en un turno, etc.

La implementación del Seiri es mediante la confección de una lista de elementos innecesarios en el lugar seleccionado para implantar las 5S. Esta lista permite registrar el elemento innecesario, su ubicación, cantidad encontrada, posible causa y acción sugerida para su eliminación.

#### 2.6.4.2 SEITON – ORDENAR (“Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”)

Una vez que se han eliminado los elementos innecesarios, se define el lugar donde se deben ubicar aquellos que se necesitan con frecuencia, identificándolos para reducir el tiempo de búsqueda y facilitar su retorno al sitio una vez utilizados (es el caso de las herramientas).

Seiton permite disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno al lugar y a su vez disponer de sitios para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia, en el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos, sistemas de seguridad, alarmas, controles, sentidos de giro, control de limpieza, etc., Identificar y marcar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustibles e incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores de producción. (Cura, 2003).

Seiton trae consigo algunos beneficios para el trabajador:

- Facilita el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo.
- Se mejora la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial.
- El aseo y limpieza se pueden realizar con mayor facilidad y seguridad.
- La presentación y estética de la planta se mejora, comunica orden, responsabilidad y compromiso con el trabajo.
- Se libera espacio.
- El ambiente de trabajo es más agradable.
- La seguridad se incrementa debido a la demarcación de todos los sitios de la planta y a la utilización de protecciones.

Seiton, se implementa principalmente gracias al control visual, entendido como un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver.

Una vez que se ha decidido las mejores localizaciones, es necesario un modo para identificar estas localizaciones de forma que cada uno sepa dónde están las cosas, y cuántas cosas de cada elemento hay en cada sitio. Para esto se pueden emplear: indicadores de ubicación; indicadores de cantidad; letreros y tarjetas; nombre de las áreas de trabajo; localización de stocks; lugar de almacenaje de equipos; procedimientos estándares; disposición de las máquinas; puntos de lubricación, limpieza y seguridad.

2.6.4.3 SEISO – LIMPIEZA (“Limpiar el sitio de trabajo y los equipos y prevenir la suciedad y el desorden”)

Seiso implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. De esta manera se identifican problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de fuga.

Para aplicar Seiso se debe integrar la limpieza como parte del trabajo diario, asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo: "la limpieza es inspección" y se debe abolir la distinción entre operario de proceso, operario de limpieza y técnico de mantenimiento.

No se trata únicamente de eliminar la suciedad. Se debe elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias. De esta manera Seiso reduce el riesgo potencial de accidentes, mejora el bienestar físico y mental del trabajador, incrementa la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad, las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza, se reducen los despilfarros de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes, la calidad del producto se mejora y se evitan las pérdidas por suciedad y contaminación del producto y empaque. (Cerde., 2012).

#### 2.6.4.4 SEIKETSU – LIMPIEZA ESTANDARIZADA (“Preservar altos niveles de organización, orden y limpieza”)

Seiketsu es la metodología que permite mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres primeras "S". Si no existe un proceso para conservar los logros, es posible que el lugar de trabajo nuevamente llegue a tener elementos innecesarios y se pierda la limpieza alcanzada con las acciones previas. Cuando los estándares son impuestos, estos no se cumplen satisfactoriamente, en comparación con aquellos que desarrollamos gracias a un proceso de formación previo.

Seiketsu pretende mantener el estado de limpieza alcanzado con las tres primeras S, enseñar al operario a realizar normas con el apoyo de la dirección y un adecuado Entrenamiento, las normas deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y procedimiento a seguir en caso de identificar algo anormal, en lo posible se deben emplear fotografías de cómo se debe mantener el equipo y las zonas de cuidado, el empleo de los estándares se debe auditar para verificar su cumplimiento y las normas de limpieza, lubricación y ajustes son la base del mantenimiento autónomo. (Cerde., 2012).

Para la implementación de Seiketsu se proponen dos pasos:

##### PASO 1. Asignar trabajos y responsabilidades.

Cada operario debe conocer exactamente cuáles son sus responsabilidades sobre lo que tiene que hacer y cuándo, dónde y cómo hacerlo.

PASO 2. Integrar las acciones Seiri, Seiton y Seiso en los trabajos de rutina.

El mantenimiento de las condiciones debe ser una parte natural de los trabajos regulares de cada día. En caso de ser necesaria mayor información, se puede hacer referencia al manual de limpieza preparado para implantar Seiso. Los sistemas de control visual pueden ayudar a realizar "vínculos" con los estándares.

#### 2.6.4.5 SHITSUKE – DISCIPLINA (“Crear hábitos basados en las 4's anteriores”)

Las cuatro "S" anteriores se pueden implantar sin dificultad si en los lugares de trabajo se mantiene la disciplina. Su aplicación nos garantiza que la seguridad será permanente, la productividad mejorará en forma progresiva y la calidad de los productos será excelente.

Shitsuke implica un desarrollo de la cultura del autocontrol dentro de la empresa en la cual se respetar las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable se realiza un control de personal y se respetar las normas que regulan el funcionamiento de la organización, además se promueve el hábito de reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecida y se comprende la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración. (INFOTEP, 2010).

Gracias a la aplicación de Shitsuke:

- Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa.
- Se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre las personas.
- La moral en el trabajo se incrementa.
- El cliente se sentirá más satisfecho ya que los niveles de calidad serán superiores debido a que se han respetado íntegramente los procedimientos y normas establecidas.
- El sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegar cada día.

La importancia de las 5`s es fundamental en la consecución de cualquier proceso de mejoramiento continuo, debido al cambio cultural que genera al interior de la

organización y sus implicaciones en la vida de cada una de las personas que tienen la oportunidad de implementar en su vida esta útil herramienta. Esta estrategia puede ser utilizada para romper con los viejos procedimientos e implantar una cultura nueva a efectos de incluir el mantenimiento en conjunto del orden, la limpieza e higiene y la seguridad como un factor esencial dentro del proceso productivo, de calidad y de los objetivos generales de la organización. (Sanchez Pérez & Lozada Arias, 2013).

Cabe resaltar que, la aplicación de este principio va de acuerdo a las necesidades de cada empresa, para la correspondiente a este trabajo de grado se listaron las actividades que incluyen la ejecución de las 5S y se recurre al método PERT para determinar cuáles de estas actividades son esenciales en la implementación de la estrategia y su duración total.

## **2.7 DISEÑO DE PLANTA**

### **2.7.1 Concepto de Diseño**

Puede afirmarse que el concepto de diseño es directamente proporcional a la complejidad de los problemas por resolver y que no es conveniente generalizar. Depende de la profundidad interdisciplinaria que se consiga para llegar a él, en la medida en que involucremos más ramas técnicas o conocimientos distintos.

Es así como una planta puede significar todo un complejo tal que exija parámetros sofisticados. Otras veces la simplicidad de los procesos, permite que no haya necesidad de planta industrial y el esfuerzo se reduce a una edificación sólida dotada de los servicios elementales para operar.

En el caso de las plantas industriales destinadas a la producción de alimentos, generalmente se debe ser riguroso en cuanto a técnicas se refiere, debido a que puede afectarse la vida humana, cuando las condiciones de la planta no cumplen con los requisitos mínimos exigidos, lo cual deteriora los productos, los insumos y hasta la operación del equipo mecánico.

Dos elementos básicos parecen necesarios de clarificar, ellos son el esfuerzo interdisciplinario y las diferencias con los problemas de distribución.

#### **2.7.1.1 Esfuerzos interdisciplinarios**

La habilidad de delinear una construcción para uso específico, en el caso de las plantas industriales, es totalmente insuficiente desde la perspectiva de la complejidad de los factores que se han de tener en cuenta para concebir una planta industrial, que supere el problema de trazado o delineamiento básico. Ya se ha

mencionado la preocupación del problema de higiene y seguridad pero se puede anexar el problema de transporte y movilización de carga con un gran número de referencias como diversos productos, tamaños, volúmenes entre otros, el problema del manejo de aire, el problema de elementos químicos residuales, etc.

Con solo la numeración anterior de problemas por resolver es fácil deducir que la interdisciplinariedad hace parte del problema del diseño de planta, entendiendo que el diseño de planta no es solo un problema de la ingeniería industrial sino un problema de ingeniería interdisciplinaria.

#### 2.7.1.2 Diferencias con la distribución

La distribución de plantas industriales es un proceso más de adaptación y racionalización de la producción, que de diseño de planta. Desde luego hay que reconocer, que la distribución contribuye en la solución al problema del diseño, pero no siempre genera la solución total.

Infortunadamente la mayoría de los textos se orientan a la distribución, dado que esta teoría surgió a raíz del nacimiento de la ingeniería industrial, pero hay que reconocer que esta ingeniería no está en capacidad de resolver todos los problemas que se generan en las distintas actividades industriales y generalmente su aporte está más orientado a las modificaciones posibles una vez se halla diseñado la planta. Porque es particularmente imposible dominar todos los procesos industriales que se presentan como consecuencia de necesidades de la vida moderna.

Como el diseño de planta es un concepto realmente complejo que requiere un esfuerzo de un trabajo de grado completo, los conceptos utilizados para este trabajo simplemente se resumen en una distribución teniendo en cuenta una perspectiva arquitectónica.

#### 2.7.2 Perspectiva Arquitectónica

La arquitectura y los elementos de construcción son elementos básicos en el diseño de plantas; de la misma manera cómo influyen en el diseño de casas, edificios y en general de construcciones que albergan humanos y equipos para fines determinados. Uno de los problemas ha surgido cuando se confunde una bodega con una construcción industrial, en esencia porque son muchas las industrias que se ubican en bodegas, que han sido construidas para almacenamiento y por lo tanto disponen de espacios amplios que de alguna manera facilitan el acomodamiento de equipos, pero dejan de lado otros requerimientos básicos de las necesidades particulares.

Desde la perspectiva arquitectónica y construcción, como generalidades podríamos observar las siguientes.

### 2.7.2.1 Configuración

Para efecto de estudio se analizan dos posibilidades:

- La primera que el lote disponible nos permita plantear un anteproyecto ideal, sin limitaciones de orden constructivo, de manera que pueda satisfacer las necesidades de ésta industria en forma óptima.
- La segunda que habría que emprender una adaptación de instalaciones ya construidas de acuerdo a las exigencias que impone la industria.

Los elementos previos para elaborar el anteproyecto de configuración serían:

#### 1. *Áreas requeridas:*

El parámetro determinante para señalar las áreas requeridas indiscutiblemente es el volumen de producción, que por lo general se estima en términos de unidades anuales. La escogencia de la unidad se prefiere que sea lo más homogénea posible, en este caso podría ser kilogramos/año, toneladas/año o unidades de empaque/año, de tal manera que podamos establecer una relación promedia entre el período de producción y la rotación de los productos dentro de la planta. Esto nos permite con relaciones matemáticas elementales concebir un área requerida.

Las superficies tenidas en cuenta para el cálculo total del área requerida por las máquinas de la planta son las siguientes:

#### a) *Superficie Estática S<sub>s</sub>*

Área geométrica correspondiente al perfil de la máquina en metros cuadrados  $S_s = L \times A$ .

#### b) *Superficie Gravitacional S<sub>g</sub>*

Área desde que el operario maneja la máquina y desde la que realiza el mantenimiento, en metros cuadrados.  $S_g = (S_s \times N)$ , Donde N Número de lados desde donde la maquina es accesible.

#### c) *Superficie Evolutiva S<sub>e</sub>*

Espacio adicional que se requiere para circulación y movimiento de materiales y servicios  $S_e = (S_s + S_g) \times K$ , donde:

K: Constante de proporcionalidad corresponde a 0.1 para la industria de Alimentos.

Entonces  $AT = (Ss + Sg + Se)$

Desde luego existe una relación directa entre el proceso utilizado y el área requerida, ya que la mecanización o la automatización pueden reducir considerablemente el área que se requeriría si el proceso fuera manual, porque como el volumen de producción se ha establecido en términos de unidades año, las máquinas por lo regular ejecutan operaciones en una mayor velocidad que los hombres, de manera que los procesos manuales para alcanzar la misma velocidad exigen de más hombres y por lo tanto mayor espacio para albergarlos y permitir una adecuada movilización de los mismos. También las máquinas tienen movimientos pero circunscritos a espacios definidos y regulares, de manera que su operación casi siempre se puede considerar fija e invariable, lo que no sucede con el hombre.

El método práctico utilizado para determinar áreas, consiste en reducir a escala las áreas ocupadas por las máquinas con sus desplazamientos fijos, los bancos de trabajo y agruparlos convenientemente sobre un plano, en correspondencia con las sucesivas operaciones del proceso industrial. Este sistema resulta muy fácil de ejecutar, recortando de una cartulina las figuras mencionadas e intentando distintas distribuciones de acuerdo con las restricciones que el diseñador preverá.

## 2. Diagrama de funcionamiento o de flujo:

La mejor forma de abarcar el conjunto resumido de la actividad industrial es representar gráficamente las fases que atraviesa la ejecución de un trabajo mediante un diagrama de flujo. Usualmente el diagrama se inicia con la entrada de materia prima a la planta y continúa con todas las fases hasta que el producto sale de la misma.

El estudio cuidadoso de este diagrama, comparado con el equipamiento utilizado en el proceso, permite especificar las cargas mínimas para pisos, la distribución de los sistemas eléctricos, de plomería, de ventilación, de iluminación, etc. El tamaño y la forma del edificio son una consecuencia lógica del diagrama de flujo y la distribución del equipo. La ubicación y el espaciamiento de las columnas que sostienen los tejados se deben determinar durante la etapa de diseño, de manera que la distribución y el diagrama de flujo no se obstruyan o imposibilite. En resumen, los diagramas de flujo sirven igualmente para facilitar el diseño de la planta, como para facilitar el estudio de datos prácticos que se encuentran en manuales y tratados, así como los provenientes de la experiencia del proyectista.

## 3. Elementos de movilización interior:

Comprende el estudio de las grúas, vías colgantes, transportadoras, montacargas y en general todo lo relacionado con movilidad de materias primas, materiales, fluidos líquidos o gaseosos, desperdicios, etc. Es de vital importancia desde la óptica de la configuración que la movilidad se determine con claridad en el diseño

de planta y se tenga extremo Cuidado de no estorbarlo o hacerlo riesgoso, pues la mala planificación de este aspecto ha traído como consecuencia accidentes irreparables.

#### 2.7.2.2 Decoración

En las instalaciones industriales como norma general conviene aplicar la racionalidad económica y, por lo tanto es aconsejable reducir los elementos superfluos. Debe primar el concepto de calidad, entendida ésta, la característica que garantiza las condiciones de operación y mantenimiento de un clima organizacional aceptable para las personas que laborarán en las plantas, pues fácil demostrar que las características del confort determinan en alguna medida los estándares de productividad. Conviene recordar que también hay otros requisitos legales y reglamentos locales que limitan, por ejemplo, la distancia de los edificios a las carreteras y las edificaciones entre edificaciones antiguas o el que los frentes de las construcciones sean paralelos a las vías de servicio; Por lo tanto es muy importante que el encargado de diseñar plantas, esté informado a fondo de todas las disposiciones legales antes de comenzar.

La decoración depende mucho del departamento o sección de que se trate, pues no todos los trabajos en un taller son iguales, de manera que los terminados difieren y es necesario consultar en forma particular las especificaciones exigidas y recomendadas para cada caso.

#### 2.7.2.3 Estructura

En lo que respecta a la naturaleza de los materiales empleados en la estructura de la planta, para la construcción de muros perimetrales y tabiques de ladrillo, cubiertas y tejados con armaduras de hierro o madera, son muy empleados en esta clase de obras la construcción metálica y la construcción de hormigón armado, aplicándose igualmente para edificios secundarios o por razones de interés local, la construcción de madera.

Hay que considerar si la planta necesita uno o varios pisos y aunque se prefiere que sea un solo piso, la eventualidad de varios no puede eliminarse, de manera que con respecto a la estructura es conveniente que en los piso altos se concentren menores cargas que en los bajos.

En las plantas de un solo piso, la parte más importante, desde el punto de vista constructivo, es la cubierta cuyo tipo determina la disposición estructural. En Inglaterra, por las condiciones del clima y a la necesidad de luz de las fábricas de la industria textil, se originó un tipo eminentemente industrial: el "shed", conocido con el nombre de cubierta de Diente de Sierra.

# CAPITULO 3

## 3. GENERALIDADES DE LA EMPRESA FLEXOCUCUTA

### 3.1 DESCRIPCIÓN Y ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La empresa Flexocucuta es una empresa manufacturera que se dedica principalmente a la producción de bolsas plásticas de polietileno de baja densidad (PDBD). A su vez se dedica a la impresión y sellado de las mismas, además de su posterior comercialización. La empresa está registrada en el registro único empresarial y social de cámara de comercio RUES como una sociedad comercial, citando el registro “flexocucuta es una empresa dedicada a la fabricación de formas básicas de plástico y fabricación de artículos de plástico.”

La empresa fue constituida como tal, el día 9 de Diciembre de dos mil ocho, como una Sociedad Anónima de carácter mercantil, según matrícula mercantil No. 0000180101, suscrita ante la cámara de comercio de la ciudad de Cúcuta.

### 3.2 LOCALIZACIÓN DE LA EMPRESA

La planta de producción de la empresa Flexocucuta se encuentra ubicada en la Calle 7ª N° 6-44 Lomitas sobre la Autopista internacional Simón Bolívar en Villa del Rosario Norte de Santander, Colombia.

### 3.3 MISIÓN Y VISIÓN DE LA EMPRESA

Para consolidar los objetivos de la empresa Flexocucuta en cuanto a calidad de sus procesos productivos y políticas de mantenimiento se hacen necesarios una misión y visión. Hemos tomado la iniciativa y creado los mismos acorde a la empresa flexocucuta.

A continuación se describen la misión y visión de la empresa Flexocucuta:

#### 3.3.1 Misión

Acorde a los expertos Philip Kotler y Gary Armstrong en su libro de Marketing (Kotler & Armstrong, 2010) que consideran la misión de una empresa como “un importante elemento de la planificación estratégica” y citando su definición de misión como la descripción del rol que desempeña actualmente la organización para el logro de su

visión, es decir, la razón de ser de la empresa. Apropiándonos de la empresa y en conjunto con los objetivos de mantenimiento la misión de flexocucuta responde las preguntas: ¿Quiénes somos?, ¿Qué buscamos?, ¿Qué hacemos?, ¿Dónde lo hacemos?, ¿Por qué lo hacemos?, ¿Para quién trabajamos?

La Misión de flexocucuta propuesta por este trabajo de grado es:

*Flexocucuta es una microempresa comercializadora de empaques y rollos de polietileno de baja densidad, que entrega a sus clientes productos de calidad amigables con el medio ambiente, respaldada en el mejoramiento continuo de sus procesos productivos, mediante programas de mantenimiento y apalancados con el talento humano motivados y comprometidos con el crecimiento permanente de nuestra empresa.*

### 3.3.2 Visión

La visión de flexocucuta se crea de acuerdo a la teoría Definida por Fleitman Jack en su obra “Negocios Exitosos” (Fleitman, 2010) como “el camino al cual se dirige la empresa a largo plazo y sirve de rumbo y aliciente para orientar las decisiones estratégicas de crecimiento junto a las de competitividad”.

La Visión denominado como el sueño de la empresa, es una declaración de aspiración de la empresa a mediano o largo plazo, es la imagen a futuro de cómo se desea la empresa más adelante. Su propósito es ser el motor y la guía de la organización para poder alcanzar el estado deseado. Apropiándonos de la empresa la visión de flexocucuta responde las preguntas: ¿Cuál es la imagen deseada de nuestro negocio?, ¿Cómo seremos en el futuro?, ¿Qué haremos en el futuro?, ¿Qué actividades desarrollaremos en el futuro?

La visión de flexocucuta propuesta por este trabajo de grado es:

*Para el 2025 Flexocucuta se proyecta como una empresa líder e innovadora a nivel regional y nacional en la producción y comercialización de empaques y rollos plásticos amigables con el medio ambiente, certificados estándares de calidad y confiabilidad en sus procesos productivos garantizando la satisfacción de sus clientes.*

## 3.4 POLITICA Y OBJETIVOS DE CALIDAD

Según la norma ISO 9001:2015 (Sistemas de Gestión de Calidad: Fundamentos y vocabulario) la política de calidad establece el marco sobre el cual una organización desea moverse. Esta se define teniendo en cuenta las metas organizacionales

(misión, visión, objetivos estratégicos) y las expectativas y necesidades de los clientes (internos y externos).

La política de calidad proporciona la base necesaria para la definición de los objetivos de calidad, es decir, estos deben ser coherentes con los lineamientos de la política.

De la mano con la visión de flexocucuta la política de calidad se describe en:

*Fabricar y comercializar empaques y rollos plásticos de acuerdo con los requerimientos de los clientes, por medio de las tecnologías disponibles y con un talento humano competente y comprometido con el mejoramiento de los procesos productivos de la empresa mediante programas de mantenimiento preventivo, además del óptimo cumplimiento de las normas de calidad y garantizando que todos los productos sean amigables con el medio ambiente.*

Generalmente, los objetivos de calidad suelen escogerse durante las revisiones periódicas del sistema de gestión de calidad, tras analizar el grado de logro de los objetivos del periodo anterior, pero como flexocucuta no cuenta con objetivos de calidad serán pioneros los establecidos por este trabajo de grado, se plantearán objetivos partiendo desde cero que sean medibles, coherentes con la política de calidad, documentados etc.

ISO 9001 recomienda tener en cuenta la opinión de los responsables de los departamentos implicados (mantenimiento concerniente a este trabajo), pues ante todo, los objetivos han de poder llegar a alcanzarse, y estas opiniones serán imprescindibles para conocer los recursos que requerirán los objetivos planteados.

Se cuentan con 6 objetivos de calidad propuestos para flexocucuta:

- 1. Satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes*
- 2. Mejorar las competencias del personal de mantenimiento*
- 3. Mejorar la eficiencia y eficacia en el sistema de producción.*
- 4. Aumentar la rentabilidad de la empresa*
- 5. Garantizar la aplicación eficiente del sistema de gestión de calidad*
- 6. Implementar un programa de mantenimiento preventivo. (CMD)*

### **3.5 LOGO Y SLOGAN**

Flexocucuta cuenta con el logo mostrado en la Figura 17. Logo de la empresa Flexocucuta. Este logo muestra el nombre de la compañía:



Figura 17. Logo de la empresa Flexocucuta

Mostrando nuestro interés por el cambio se proponen dos logos alternativos al actual, ya que a simple visto observando su logo no se tiene noción de la labor de la empresa.



Figura 18. Alternativas de Logo propuestas para Flexocucuta

La consolidación de la imagen corporativa de cualquier industria lleva de la mano con su logo un slogan que la acredite como marca. Para flexocucuta hemos creado el slogan "Calidad en cantidad", con este queremos resaltar al cliente la calidad de sus productos sin importar la cantidad fabricada.

### 3.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

El cambio organizacional más grande se radica en esta parte ya que flexocucuta no cuenta actualmente con empleados contratados, solo los socios trabajan esporádicamente cuando se tienen pedidos, cabe resaltar que la contratación de personal trae consigo el pago de nóminas y toda la parte legal consigo, es necesario un estudio de las capacidades de la empresa para concluir si es o no posible contratar personal (esta no es la razón de este documento). Proponemos el organigrama de la (Figura 19 Organigrama Propuesto para Flexocucuta) para flexocucuta.

#### 3.6.1 Organigrama

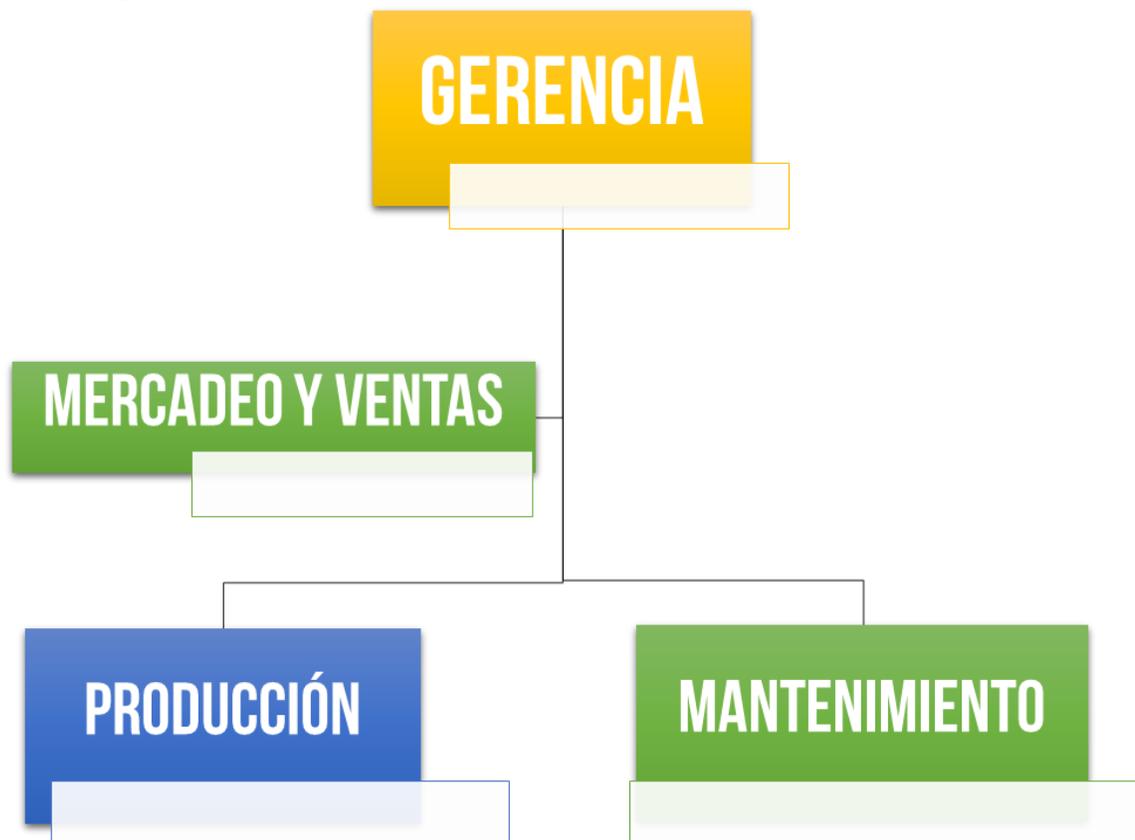


Figura 19 Organigrama Propuesto para Flexocucuta

Según este organigrama flexocucuta deberá contratar de dos a tres personas, una encargada de la parte documental y dos encargadas de operar y mantener el sistema productivo, cabe resaltar que los dos socios son parte importante de las

labores y están sujetos a supervisar todas las acciones de la empresa, labor que no incurrirá en estar en la planta tiempo completo.

### 3.7 MATERIA PRIMA

La materia prima fundamental utilizada en el proceso productivo de la empresa Flexocucuta para la elaboración de la bolsa plástica es el polietileno de baja densidad PDBD.

El polietileno de baja densidad es una resina sintética de alto peso molecular, obtenido mediante la polimerización de etileno gaseoso a altas presiones. Pertenece a la familia de los termoplásticos con estructura molecular ramificada y distribución de peso molecular amplia, características que lo ubican dentro de las resinas multipropósito. (Catú, 2010)

Se obtiene por polimerización del etileno a altas presiones (aprox.1200 atm y 200° C) con oxígeno o catalizador de peróxido y por mecanismo de radicales libres. Es un sólido más o menos flexible, según el grosor, ligero y buen aislante eléctrico. Se trata de un material plástico que por sus características y bajo costo se utiliza mucho en bolsas plásticas, film adhesivo, revestimiento de cubos, recubrimiento de contenedores flexibles, tuberías para riego, entre otros.

Flexocucuta en sus procesos de impresión y sellado usa como materia prima ya rollos de PDBD comprados a diferentes distribuidores.

### 3.8 PROVEEDORES

Son varias las empresas que se encargan de proveer tanto la materia prima como los productos que se manejan en la empresa, por lo cual a continuación se genera una lista de ellos:

Tabla 5. Listado de proveedores Flexocucuta.

PROVEEDOR	PRODUCTO	PEDIDO MÍNIMO
Industrias Lember S.A	Tintas	Galones
COMQUIMICA	Solventes	Galones
INPROQUIM	Solventes	Galones
Flexiarte	Fotopolímeros	Unidad

<b>Taller Metalmecánico</b>	Rodillos	Unidad
<b>Probolsa</b>	Polietileno de Baja Densidad (Pellets)	Kilo
<b>Probolsa</b>	PDBD (Bobinas)	Unidad

Fuente: Flexocucuta 2016.

### **3.9 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y VENTA**

La empresa Flexocucuta no cuenta con un vehículo tipo con el cual se entregan los pedidos de bolsas plásticas o de algún producto que la empresa ofrezca, cabe resaltar que la empresa no se encuentra con la capacidad de comprar un vehículo, así que se basa en medios de mensajería para la distribución de sus productos ya terminados.

El sistema de venta que la empresa maneja es del tipo personal, esta incluye presentaciones cara a cara entre intermediarios, clientes y prospectos. Esto también genera relaciones personales a corto y a largo plazo que agregan convicción persuasiva que relacionan los productos y servicios con las necesidades del comprador.

# CAPITULO 4

## 4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA FLEXOCUCUTA

### 4.1 DIAGNOSTICO DOFA DE LA EMPRESA

Para conocer las necesidades actuales que se tienen en la empresa Flexocucuta, es necesaria la utilización de la herramienta analítica FODA, para examinar la interacción entre las características particulares de la empresa y el entorno en el cual ésta compete o se desarrolla.

Tabla 6. Matriz DOFA para la empresa Flexocucuta.

FORTALEZAS (F)	OPORTUNIDADES (O)
Microempresa sólida en la fabricación, sellado e impresión de bolsas plásticas con miras a un crecimiento constante, con más de 30 años de experiencia en los procesos productivos de impresión flexográfica.	Expansión hacia más nichos de mercados, como distintas empresas en todos los departamentos del país, ya que la bolsa plástica es un objeto cotidiano utilizado por la mayoría de personas debido a la gran diversidad de utilidad que tiene la misma.
DEBILIDADES (D)	AMENAZAS (A)
Una de las mayores deficiencias, es la falta de organización ya que flexocucuta es una empresa nueva, no se cuenta con el personal necesario capacitado para mantener una producción constante y a la no existencia de un costo de producción real de la bolsa plástica, que se produce en la planta.	Una creciente competencia de empresas que se dedican a la elaboración de bolsas plásticas y que cuentan con una mayor capacidad de producción, además de la detención de producción por falta de pedidos, lo que retribuye en baja rentabilidad.

## 4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA

### 4.2.1 El proceso de extrusión

El proceso de extrusión en la empresa es realizada de la siguiente manera:

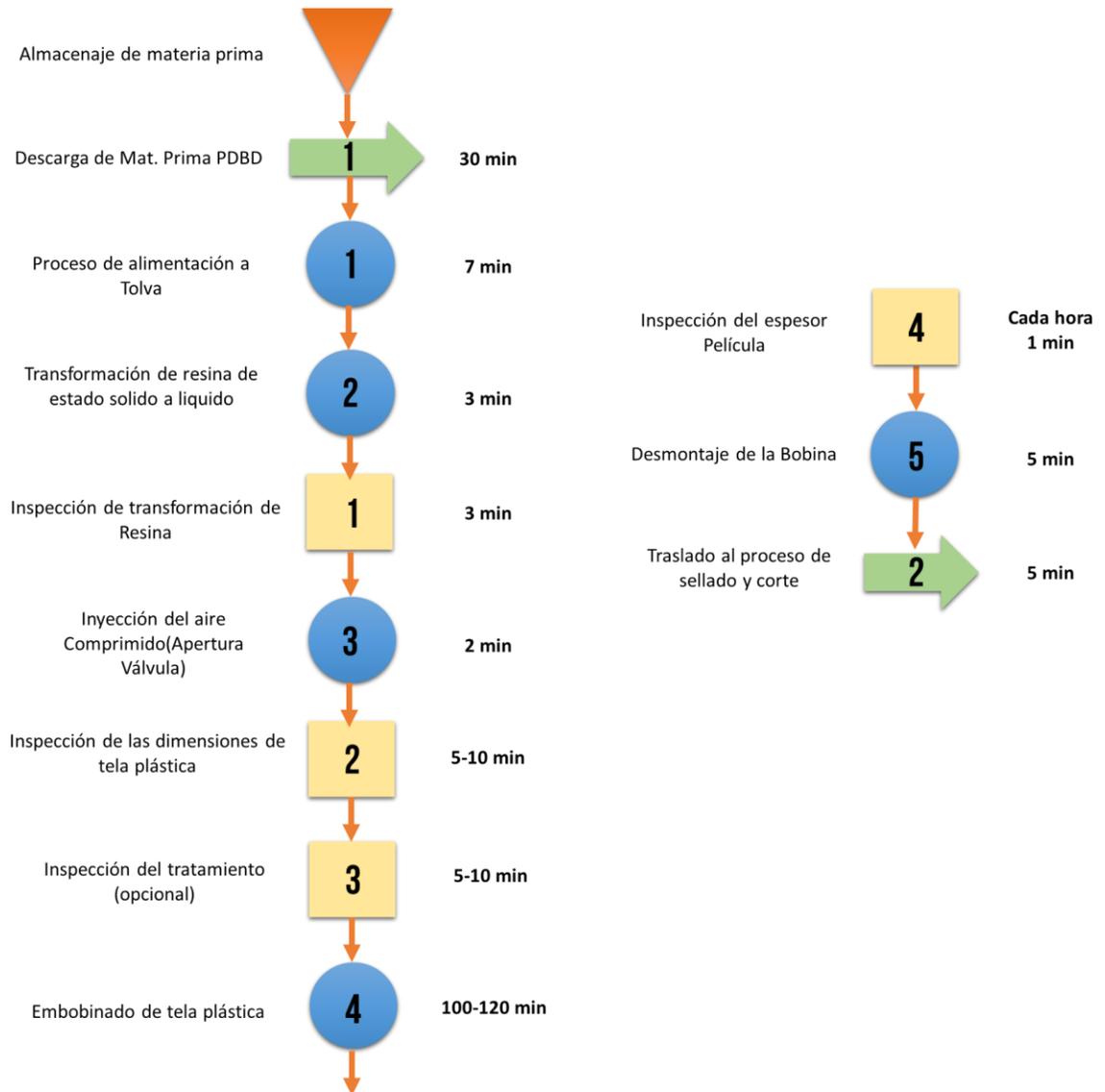
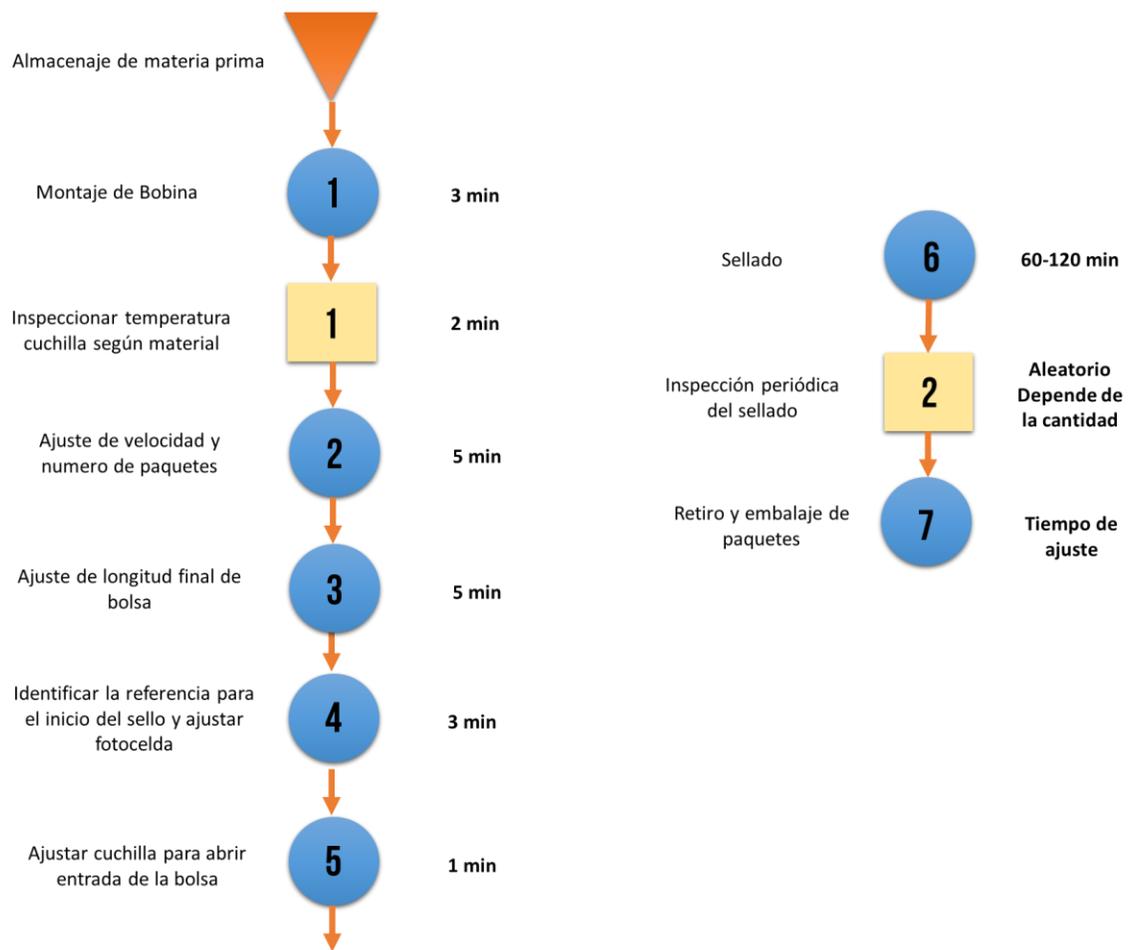


Figura 20 Diagrama de Flujo del proceso de Extrusión

#### 4.2.2 El proceso de sellado

El proceso de sellado es realizada en la planta de la empresa como se describe a continuación:



**Figura 21. Diagrama de flujo del proceso de Sellado en la empresa Flexocucuta**

### 4.2.3 El proceso de Impresión Flexográfica

El proceso de impresión Flexográfica es realizada en la planta de la empresa como se describe a continuación:

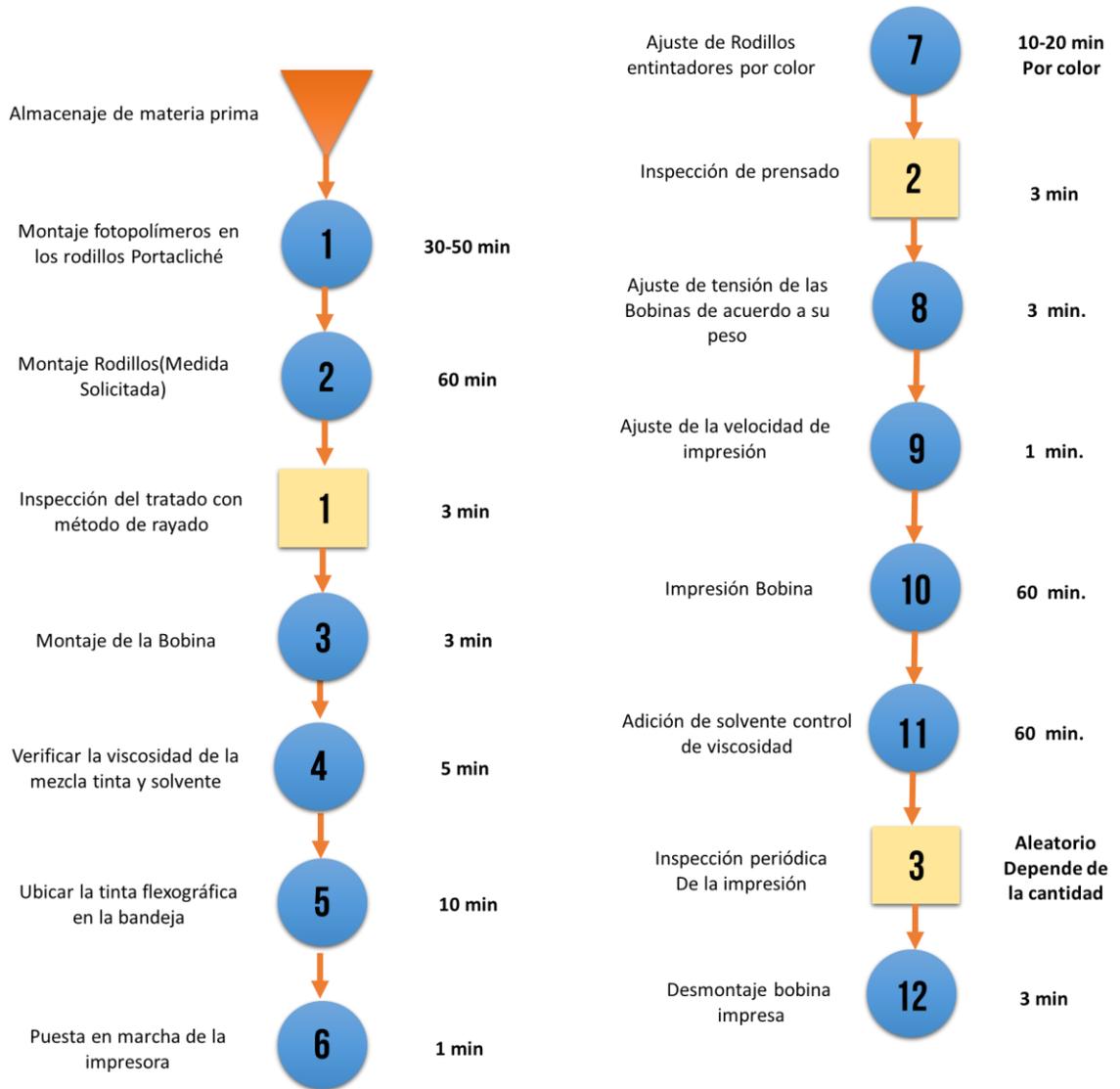


Figura 22. Diagrama de Flujo del proceso de Impresión Flexográfica.

### 4.3 MAQUINARIA Y EQUIPO

Los diferentes tipos de maquinaria y equipo industrial que actualmente posee la empresa Flexocucuta, y que forman parte del sistema productivo se presentan a continuación:

#### 4.3.1 Especificaciones técnicas

Las especificaciones de las máquinas que se describen en las fichas técnicas de los equipos de la planta son muy importantes, ya que presentan de manera organizada toda la información técnica del equipo, incluyendo accesorios o partes de recambio. A continuación se presenta las fichas técnicas de cada uno:

		<b>FICHA TECNICA SELLADORA</b>	
Nombre del Equipo: Selladora		Código de Equipo: S01	
Marca: Young Chang Ruian Cuty Ruishen Machine Industry Co.,LTD.		Ubicación del Equipo: Área de Producción	
Modelo: DRQ-600	Serie: 110907	Año de instalación: 2015	
Dirección del Fabricante: Zhousong north road, Donyang industry Zone, Zheijang CHINA		<b>Existen Manuales de:</b>	
<b>Diagrama del equipo:</b>		Partes	NO
		Operación	NO
		Mantenimiento	NO
		<b>DATOS TECNICOS</b>	
		Longitud de Bolsa Máximo	50-700 mm
		Espesor de Bolsa Máximo	600 mm
		Capacidad:	60-200 PCS/min
		Poder Requerido:	4 kW
		Material:	PDBD
		Peso Neto:	850 kg
		Espesor de película:	Variable
		Capacidad (medida):	60-100 Bolsas/min
		Dimensiones:	3700 x 1200 x 1350 mm
		Motor principal:	

Figura 23. Ficha técnica Selladora



		<h1 style="text-align: center;">FICHA TECNICA EXTRUSORA</h1>			
Nombre del Equipo: Extrusora1		Código de Equipo: E01			
Marca: -----		Ubicación del Equipo: Área de Producción			
Modelo: -----	Serie:-----	Año de instalación: 2008			
Dirección del Fabricante: -----		Existen Manuales de:			
		Partes	NO		
Diagrama del equipo:		Operación	NO		
		Mantenimiento	NO		
		DATOS TECNICOS			
		Peso Neto:			
		Fuente de Poder:	220 V-60 Hz-3 HP		
		Calentador:	8 Resistencias 4,8 KW		
		Poder Requerido:	2,2 KW		
		Material:	PDBD		
		Ancho de película:	400-450mm		
		Espesor de película:	Variable		
		Capacidad:	15-40 Kg/h		
		Diámetro del tornillo:	35 mm		
		Motor principal:	3 HP		
		Diámetro Boquilla:			
		Ancho de rodillo:	500 mm		
Velocidad de Recogida:	3-50 m/min				
ELEMENTOS MECÁNICOS IMPORTANTES					
Motor Principal				Motor Soplado:	
Marca:	Siemens	Polos:		Marca:	Siemens
Tipo:	Trifásico	Peso:		Tipo:	
Potencia:	3 HP	KW:	2.2	Potencia:	1/2 HP
Voltaje:	220	PH:		Voltaje:	220
Corriente:	C.C	Serie:		Corriente:	C.C
Rpm:	1110	Frecuencia:		Rpm:	3410
Motor Tratador				Resistencias	
Marca:	Siemens	Polos:		Cantidad	8
Tipo:		Peso:		Ubicación	Cañón
Potencia:	1 HP	KW:	1	Marca:	
Voltaje:	220	PH:		Especificaciones	
Corriente:	C.C	Serie:		220 +A15:J45V 600 W	
Rpm:	1350	Frecuencia:			

**Figura 25.Ficha técnica Extrusora.**

#### 4.3.2 Funcionamiento

Para una mejor comprensión del funcionamiento de toda la maquinaria que conforman el sistema productivo de la empresa, a continuación se presenta en forma general, la manera de operar de cada una de ellas.

- EXTRUSORA

El polietileno de baja densidad es introducida en la tolva, está va directamente al cañón el cual en su interior posee un tornillo sinfín, el cual está fabricado de acero inoxidable, la función del tornillo es hacer que fluya la materia prima hacia el molde durante el proceso.

El tornillo sin fin obtiene su movimiento por medio de un caja reductora la cual recibe la potencia de un motor de corriente alterna por medio de un juego de fajas que van conectadas a poleas que tienen tanto la caja reductora como el motor de corriente alterna, además se usa un variador de velocidad, el cual nos sirve para graduar la velocidad del tornillo sin fin dentro del cañón.

Las resistencias eléctricas sirven para calentar el cañón, éstas reciben voltaje de un contactor individual instalado en un panel de control, el cual cuenta con un circuito eléctrico para cada resistencia, las termocuplas se utilizan para enviar señales a los pirómetros que van conectados al cañón e integrados al mismo circuito eléctrico.

Los pirómetros se gradúan a la temperatura que se funde la materia prima, cuando el cañón ha alcanzado la temperatura que le graduamos en el pirómetro (la cual es de 180°C) la termocupla manda la señal al pirómetro el cual abre el circuito y al ocurrir esto el contactor se desactiva y automáticamente se detiene el flujo eléctrico hacia las resistencias, las cuales dejan de transferir calor al cañón. Cuando por motivos ajenos a la máquina (temperatura ambiente un poco baja), el cañón empieza a disminuir su temperatura la termocupla envía una señal al pirómetro y éste a su vez cierra el circuito eléctrico y el contactor se activa y se inicia nuevamente el ciclo de calentamiento del cañón.

El molde es el que recibe la materia prima en estado líquido del cañón pequeño, aquí en el molde, se hace pasar por una boquilla y se inyecta aire comprimido para darle el ancho deseado a la bolsa plástica. Luego se hace pasar por unos rodillos los cuales van conectados a una caja reductora y ésta a su vez, por medio de un eje a un motor de corriente alterna, dicho motor cuenta con un variador de velocidad.

Después de haber pasado por los rodillos, se hace pasar la tela de bolsa plástica por unos tensores para que no pierda su rigidez, finalmente la tela se embobina en unos conos de cartón, los cuales llevan dentro una barra para obtener su movimiento giratorio. Cuando la bobina llega a un tamaño específico, se corta la tela

y se coloca otro cono para iniciar otra bobina. Repitiendo el proceso de forma continua.

- SELLADORA

Se enciende la cortadora-selladora y empieza a trabajar la caja reductora de velocidades, la cual tiene como función transmitir la velocidad adecuada a la cual debe ser cortada y sellada la bolsa.

Si la caja reductora de velocidades no cumple esta función tendremos problemas de sellado, debido a que el sellador permanecerá poco tiempo sobre la bolsa plástica causando un sellado débil y sin resistencia. El contactor acciona el motor de la bandera y este hace girar los rodillos traseros, los cuales tiene como función empujar la tela hacia la parte frontal y además mantener tensada la tela de bolsa plástica para evitar que se enrede en los rodillos siguientes.

El largo de la bolsa, se proporciona por medio de un panel digital ubicado en un extremo de la máquina. En el eje primario se encuentran las levas de corte y sello colocadas en diferentes ángulos de modo que al girar los rodillos jalan la tela, y la leva de corte hace que la cuchilla se accione y corte la tela de bolsa plástica con el largo que fue ajustado, luego la leva de sello hace que baje el cabezal sellador y realice un sellado fuerte y resistente en la bolsa. El contador lleva el conteo de cuantas bolsas plásticas han sido producidas y el operario cada vez que el contador llegue a el número especificado por la necesidad del cliente deberá retirar el paquete de bolsas plásticas ya cortadas y selladas.

- IMPRESORA

Antes de encender las impresoras se debe de montar el fotopolímero en el cilindro portaplancha, el propósito es que los colores coincidan adecuadamente uno sobre otro y no haya problema al imprimir. Se debe de colocar el biopolímero (papel crema pegajosa) en el portaplancha, la guía a seguir es la línea central, teniéndose cuidado para evitar formación de burbujas. El grabado o sello debe de leerse de izquierda a derecha y se coloca sobre el rodillo anilox.

Se hacen las mezclas respectivas de tintas a utilizar y se coloca en las bandejas con el color respectivo. Una vez preparada se enciende la máquina y se regulan las tensiones y velocidades a trabajar desde el panel de control y se empieza a transferir las tintas hacia el fotopolímero.

Una vez en marcha, en la unidad de impresión de proporciona tinta al cilindro anilox. Una rasqueta o pestaña extremadamente precisa, elimina el sobrante de tinta del cilindro e impide que la tinta escape de la cámara. Al girar, el cilindro anilox entra a

su vez en contacto directo con la plancha, situada en el cilindro portaplancha y le proporciona tinta en las zonas de relieve. Las zonas más bajas quedan secas.

El uso del cilindro anilox es esencial para distribuir la tinta de forma uniforme y continuada sobre la plancha, ya entintada, esta sigue girando y entra en suave contacto directo con el sustrato. El cilindro de impresión sirve para mantener el sustrato en posición. El sustrato recibe la imagen de tinta de la plancha y sale ya impreso, el cual es embobinado en el plástico coextruido, verificando cada cierto tiempo que la tensión y la velocidad sean las adecuadas.

### 4.3.3 Capacidades

Las capacidades de producción de cada una de las máquinas que conforman el sistema productivo de la empresa flexocucuta se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 7. Capacidad de los equipos de la empresa Flexocucuta

MAQUINA	CAPACIDADES
Extrusora	40 Kg/h
Selladora	60-100 Bolsas/min
Impresora	60 Kg/h

Fuente: Flexocucuta 12 de mayo

## 4.4 INSTALACIONES DE LA EMPRESA

La empresa Flexocucuta se encuentra actualmente funcionando en un local propio, es decir posee instalaciones propias, por lo cual la misma empresa es la encargada de brindarle el mantenimiento necesario a todos los ambientes de la empresa. Actualmente ocupa un área de 336 metros cuadrados. Los cuales se dividen en:

- Área de producción: 168 m<sup>2</sup>
- Área administrativa: 132 m<sup>2</sup>
- Zona verde (actualmente en desuso): 36 m<sup>2</sup>

### 4.4.1 Distribución de planta, equipo y maquinaria industrial.

Flexocucuta cuenta con una planta bastante grande en condiciones óptimas para la producción, pero esta no se encuentra organizada adecuadamente, es decir no se ha realizado un estudio para adecuar la planta, como parte de este trabajo de grado se ha dispuesto proponer una distribución de planta de acuerdo a la teoría grafica de distribución por superficies de acuerdo a la maquinaria (Soto O. A., 2014). Esta teoría indica las zonas con las que cuenta la empresa y especifica el área total necesaria para la producción de acuerdo a la maquinaria.

Estableciendo las dimensiones de la maquinaria, así como dos zonas de almacenaje para bobinas, una zona de almacenaje para rodillos y una más para el almacenaje de pinturas y solventes necesarias en el área de producción, se determinaron las dimensiones necesarias (Tabla 8). Cabe resaltar que las dimensiones de funcionamiento para maquinas incluyen en su totalidad, su superficie estacionaria (SS), gravitacional (SG) y evolutiva (SE), con un factor de proporcionalidad de 0.4 y estableciendo el número de lados de acceso necesarios a cada máquina para su operación y/o mantenimiento, a diferencia de las áreas de almacenamiento que son simples superficies estacionarias.

**Tabla 8. Superficie necesaria para producción de Flexocucuta.**

<b>MAQUINA / ZONA</b>	<b>S.S. (m<sup>2</sup>)</b>	<b>S.G (m<sup>2</sup>)</b>	<b>S.E. (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área Total (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Extrusora</b>	1.50	6	3	10.50
<b>Selladora Lateral</b>	5.25	21	10.5	36.75
<b>Selladora Pequeña</b>	1.70	6.8	3.4	11.90
<b>Impresora</b>	3.25	13	6.5	22.75
<b>Bascula</b>	0.35	1.05	0.58	1.98
<b>Almto. Bobinas</b>	2.88	-	-	2.88
<b>Almto. Rodillos</b>	1.05	-	-	1.05
<b>Almto. Pintura y Solventes</b>	2.70	-	-	2.70
<b>TOTAL</b>				<b>90.51 M<sup>2</sup></b>

Identificamos que para el funcionamiento óptimo en producción de Flexocucuta es necesaria un área de 90.51 m<sup>2</sup>, por lo cual coloquialmente indicamos que flexocucuta es un bebe en unos zapatos muy grandes, es importante resaltar que en un diseño de planta existe una relación que optimiza los tiempos de producción con un área requerida. Una empresa no puede tener un área de producción muy

grande o muy pequeña según sus requerimientos de maquinaria, es así que flexocucuta con un área actual de producción de 168 m<sup>2</sup> se debe organizar para no incurrir en tiempos muertos durante su producción. La pregunta es ¿Qué hacer con los 77.49 m<sup>2</sup> restantes?

La solución que se propone a esta problemática es simple, flexocucuta puede organizar su producción dentro de los 90.51 m<sup>2</sup> requeridos en esta gran zona de manera que tiene la posibilidad de aumentar su volumen de producción, de zonas de almacenaje y de adquirir nuevas máquinas sin necesidad de ampliaciones costosas, es decir, flexocucuta puede crecer sin modificar su planta.

#### 4.4.2 Distribución de planta propuesta

Para flexocucuta se propone el siguiente el diseño de planta de la Figura 26 las diferentes áreas funcionales, así como zonas auxiliares se listan en la Tabla 9.

**Tabla 9. Superficies Diseño de Planta Propuesto**

Nº	MAQUINA / ZONA	Medidas Base L X A (m)	Área (m <sup>2</sup> )
1	Área de Producción	14 x 12	168
2	Área Administrativa	4.5 x 11	49.5
3	Almacén	7.5 x 11	82.5 Incluye Baños
4	Baños	3 x 3.5	10.5
5	Zona verde	6 x 6	36
	<b>TOTAL</b>		<b>336 M<sup>2</sup></b>



Figura 26. Vista Superior, isométrico y Áreas del diseño de planta propuesto.

#### 4.4.3 Recomendaciones de materiales (pisos, paredes, techos, ventanas, etc.) y criterios y recomendaciones sanitarias de instalaciones.

##### 4.4.3.1 Pisos

Flexocucuta cuenta con pisos rústicos en el área de producción, estos pisos absorben materiales como grasas, tintas y solventes los cuales quedan depositadas y generan un problema de higiene en la producción, aumenta riesgos en caídas de trabajadores ya que la suciedad modifica las propiedades superficiales del piso rústico, aunque sea una planta de producción rústica cabe la posibilidad de recubrir los pisos con un material epóxido que ayude al fácil lavado del área de producción, producción, tampoco cuenta con el desnivel suficiente, canales a nivel inferior del desnivel y sifones para la evacuación de líquidos, en caso de derrame o desinfección, la recomendación es al aplicar la capa epóxica sobre el piso y crear el desnivel los canales en la pared posterior del área de producción.

##### 4.4.3.2 Paredes

Las paredes de la empresa se encuentra muy bien demarcadas, pero las instalaciones eléctricas están internas y no externas como es recomendado, las cajas de breakers, tomas de corriente, apagadores e interruptores de seguridad de las maquinas se encuentran expuestos. La recomendación es cubrir todo el material eléctrico correspondiente que se encuentra expuesto y crear cajas al nivel de la pared donde se encuentren los breakers. En el caso de la instalación eléctrica de alta tensión es recomendable ubicarla exteriormente y aislarla ya que esta puede ser fuente de fallos en el sistema de energía eléctrica.

##### 4.4.3.3 Techos

Flexocucuta en su área de producción cuenta con techos altos, a una sola caída y lavables, es este punto no hay recomendaciones que agregar.

##### 4.4.3.4 Puertas y ventanas

Flexocucuta no cuenta con ventanas en el área de producción y cuenta con una puerta corrediza desde la bodega a producción, esta puerta es mecánica (manual) y se mantiene abierta durante las horas de trabajo. La recomendación es entre inciso es mejorar la ventilación al área de producción con aireadores, o ventiladores y en el caso de las puertas se recomienda el cambio de los accesos a bodegas y el acceso principal por puertas corredizas y no de bisagra como se encuentran actualmente.

#### 4.4.3.5 Iluminación

En el caso de la iluminación es el factor que Flexocucuta tiene más descuidado ya que cuenta internamente con iluminación por lámparas de tungsteno Además del consumo energético alto estas lámparas presentan el problema de no ser eficientes, para reducir en costo energéticos, es recomendable el cambio de estas por lámparas led, las cuales presentan una mayor eficiencia y mejoran notablemente el ambiente de producción, se recomiendan lámparas cubiertas para que pueda ser fácil su limpieza.

### **4.5 TIPO Y PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO APLICADO ACTUALMENTE A LA MAQUINARIA**

El tipo de mantenimiento que actualmente es aplicado a la maquinaria de la empresa es el mantenimiento correctivo, éste consiste en ir reparando las averías o fallas a medida que se van presentando. Esto genera paros continuos y prolongados en la maquinaria y esto a su vez genera muchos tiempos muertos en producción. Por lo general, las órdenes de producción se atrasan, lo cual genera una pérdida tanto económica como de imagen para la propia empresa.

Los propios operarios tratan de reparar el daño debido a su amplio conocimiento en el área. La falta de repuestos y herramientas adecuadas durante la ejecución de los trabajos de mantenimiento, hace que los trabajos efectuados por el personal operativo de la planta no sean los más efectivos, por ende esto se podría ver reflejado en el desempeño de los equipos.

Flexocucuta carece de un programa de mantenimiento en la actualidad. Cabe resaltar que se realizan algunas labores que pueden considerarse mantenimiento rutinario como: limpieza, lubricación, verificación de funcionamiento en la etapa preoperatoria de las máquinas, pero estas se realizan sin una frecuencia previamente establecida, en el caso de la impresora flexográfica se realizan además de las mencionadas otras labores que se considerarían preventivas con una frecuencia anual como lo son cambio de rodamientos, bujes y demás elementos rodantes desgastados, pero no se llevan registros de ninguna de dichas actividades.

### **4.6 NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO**

El principal problema referente al mantenimiento de la empresa Flexocucuta es la ausencia de un programa sistemático de actividades y tareas de mantenimiento preventivo en toda la maquinaria o equipo industrial que conforman el sistema productivo. No poseer un programa de mantenimiento aumenta la probabilidad de

fallo en operación de la maquinaria lo que incurre en pérdidas de dinero. Es necesaria la creación de un sistema de mantenimiento planeado del equipo o maquinaria a través de un plan de mantenimiento preventivo específico para cada maquinaria de la empresa, a fin de mantener todas las maquinas en condiciones operatorias útiles, por medio de inspecciones programadas, intervenciones antes de fallo y mantenimiento autónomo por los operarios.

La mencionada necesidad que posee flexocucuta de la implementación de un plan de mantenimiento va de la mano con la filosofía de mantenimiento productivo total TPM, la aplicación de la filosofía de las 5s, llevar un control de las actividades que se realizan a las maquinas con un historial de mantenimiento, documentar y registrar cada intervención además de la capacitación de los operadores y la mejora continua de los procesos, todo esto resultará en un cambio importante del proceso productivo de la compañía.

El mantenimiento preventivo tiene su fundamento en actividades programadas que deben realizarse con la finalidad de conservar en óptimas condiciones la maquinaria para operar en condiciones de funcionamiento óptimas, es decir, seguras, eficientes, y especialmente para mantener la producción de forma continua.

La causa principal posible por la cual la maquinaria de flexocucuta fallaría, es por la ausencia de un programa de mantenimiento preventivo, el cual se reflejaría muy claramente en el desempeño actual de la maquinaria. Los problemas que se tienen y podrían llegar a presentarse por este motivo son:

- Desorden en las áreas de trabajo
- Aumento en costos no programados de operación y mantenimiento
- Atrasos en ordenes de producción
- Paradas continuas y prolongadas de la maquinaria

Sin un plan de mantenimiento la maquinaria de la empresa fallaría, las posibles causas se presentan a continuación:

- No se cuenta con un programa adecuado de mantenimiento específico para la maquinaria.
- No se lleva a cabo una inspección periódica de todas las instalaciones, máquinas y equipos
- Carencia de intervalos de control preestablecidos para detectar oportunamente cualquier anomalía, generando y manteniendo los registros adecuados.
- Ausencia de órdenes de trabajo, registro de máquina y cualquier documentación definidas para cada una de las máquinas industriales.

- Se cuenta con un personal reducido para poder cubrir todas las necesidades de mantenimiento en la maquinaria y equipos.
- Los operarios no le dan la importancia necesaria a la conservación y mantenimiento de las máquinas, debido a la indiferencia que presentan hacia los bienes de la empresa, ocasionado por una mala motivación personal y laboral.
- Las máquinas que posee la empresa son de modelos antiguos y otros fueron fabricados por los propietarios, por lo cual carecen de manuales de operación y mantenimiento.
- Falta de un control de repuestos necesarios y el tiempo prolongado en la adquisición y compra de éstos, atrasarían considerablemente los trabajos de mantenimiento en la maquinaria de la empresa.

#### **4.7 DIAGNOSTICO GENERAL DE MANTENIMIENTO**

Para la empresa flexocucuta el autor de este trabajo en conjunto con su director ha propuesto una lista de chequeo referente a mantenimiento mostrada en la Tabla 10. Esta lista contiene preguntas concisas que analizan el estado actual de mantenimiento en la empresa.

Si analizamos el formato de lista de chequeo (Tabla 10) la empresa Flexocucuta se encuentra en un estado muy básico de mantenimiento, cabe resaltar que no por desconocimiento sino por falta de tiempo de los entes encargados de la misma. A pesar de esto la empresa aplica mantenimiento rutinario diario en la preparación de la maquinaria precedente a la actividad laboral; así como también un mantenimiento preventivo anual donde se cambian piezas que se desgastan por rodadura junto con lubricación y revisión del estado de componentes de cada máquina.

DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA IMPRESORA FLEXOGRAFICA DE LA EMPRESA FLEXOCUCUTA					
LISTA DE CHEQUEO					
AUDITOR: Remid Mauricio Higuera Castaño					
Fecha: 09/Feb/2016					
SISTEMA PRODUCTIVO: Impresión, Extrusión y Sellado (PDBD)					
N°	VARIABLES / INDICADORES	CUMPLE		OBSERVACIONES	
		SI	NO		
Filosofía "5S"	1	La planta se encuentra en orden y limpia		X	
	2	La planta se encuentra demarcada /pictogramas		X	
	3	Los operarios cuentan con implementos de seguridad		X	
	4	Han ocurrido accidentes laborales (Gravedad)		X	
	5	Existe plan de recolección de desechos de producción		X	
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	6	Existe departamento de mantenimiento		X	
	7	Existe plan de mantenimiento		X	
	8	El plan de Mto es efectuado por el Operario		X	
	9	El plan de Mto es efectuado por Personal Especializado		X	
	10	Existen cuadrilla(s) de Mantenimiento		X	
	11	El Operario realiza labores correctivas	X		
	12	Se llevan registros del Mto/intervenciones realizadas		X	
	13	Los equipos/máquinas se encuentran codificados		X	
	14	Las máquinas cuentan con información del fabricante		X	Maquina de fabricacion propia
	15	Hay preparación previa de equipos antes de operar	X		
	16	La empresa Cuenta con un stock de repuestos		X	
	17	Se estiman los costos de mantenimiento		X	
	18	Hay presupuesto para el Mtto del próximo periodo		X	
	19	La empresa realiza capacitaciones a los operarios		X	
Disponibilidad	20	Se conoce el equipo que mas falla		X	
	21	Se conoce el por qué de la falla		X	
	22	Se han identificado las fallas mas comunes	X		
	23	Se conoce la frecuencia con que falla ese equipo		X	
	24	Se conoce el impacto de la falla		X	
RCM	25	Existe Mantenimiento programado		X	
	26	Contratan empresas para realizar Mtto		X	
Cultura de Calidad Total (TQM)	27	Se distinguen líneas de producción	X		
	28	Se conoce la producción diaria del equipo y/o Planta	X		
	29	Se calculan las pérdidas por producción		X	
	30	se ha registrado parada total por alguna falla		X	
	31	Disponen de Productos suficiente en caso de inconvenientes en producción		X	
	32	Existen planes de contingencia (Equipos de apoyo)		X	
	33	Hay control de emisiones contaminantes		X	

Tabla 10. Lista de chequeo para diagnosticar el nivel de mantenimiento aplicado en la empresa Flexocucuta.

## 4.8 DIAGNOSTICO ISHIKAWA DE MANTENIMIENTO

El diagrama causa efecto, diagrama de Ishikawa o espina de pescado es una forma gráfica, clara y concisa de identificar las causas más relevantes de un problema, en el caso de este trabajo de grado es de vital importancia el identificar las causas de las fallas en la maquinaria de la empresa, para luego encarar su análisis y en base a esto solucionar los problemas (Figura 27). No siempre es fácil realizar esta tarea debido a la variedad y complejidad de causas por las cuales una maquinaria o equipo puede fallar.

Para el análisis del mantenimiento actual de la maquinaria industrial de la planta, se definió como problema principal, las fallas o desperfectos en la maquinaria las cuales generas paradas en la producción y los elementos principales o causas que originan este problema son:

### 4.8.1 Maquinaria

- Las máquinas que posee la empresa son de modelos antiguos, de segunda mano, origen extranjero y/o son de fabricación propia por lo cual carecen de manuales de mantenimiento o de operación.
- Los repuestos utilizados en las reparaciones son de calidad dudosa debido al poco presupuesto que se le asigna al mantenimiento de las máquinas, a la necesidad de poner en marcha rápidamente la maquina después de un fallo y al no tener proveedores de repuestos determinados.
- Algunos de los repuestos son demasiados caros y tardan en su consecución, ya que por el tipo de maquinaria que se posee (impresora flexográfica extrusora y selladora), estos repuestos de piezas fundamentales son compradas en otras ciudades, cuyo pedido debe realizarse con un tiempo de anticipación.
- No se tienen registros, seguimiento o alguna información sobre capacidades, tiempo de funcionamiento y demás características necesarias para prever un fallo adecuadamente de las máquinas.
- En algunos casos se acumulan suciedades sobre los rodillos de PDBD los cuales incurrirían en fallas de maquinaria por obstrucciones y desgaste por fricción o roce directo.
- En los procesos productivos de la empresa se presentan fugas de material o desechos sólidos, como también la materia prima genera partículas que difieren en el funcionamiento correcto de las máquinas.

#### 4.8.2 Mano de Obra

- No se cuenta con el personal adecuado para el funcionamiento continuo de producción en la empresa.
- La falta de supervisión continúa a la maquinaria en y ausencia de labores de operador mantenedor de la maquinaria.

#### 4.8.3 Procedimientos

- No existe plan de mantenimiento
- Actualmente se aplica el mantenimiento correctivo en todas las máquinas para reparar los desperfectos o averías que éstas presentan. Cabe resaltar que el mantenimiento correctivo no soluciona en su totalidad el problema.
- Falta de estrategia de las 5's, la cual está orientada a la creación de condiciones para aumentar la vida útil de los equipos, gracias a la inspección permanente por parte de la persona quien opera la maquinaria, aumenta la conciencia de cuidado y conservación de los equipos como los demás recursos de la compañía.
- Procedimientos de tareas de mantenimientos muy complicados y a veces innecesarios y la falta de herramientas y programación adecuadas para poder ejecutarlas.
- La falta de limpieza en los equipos genera fallas por acumulación de partículas, tintas etc. sobre éstos.

#### 4.8.4 Materiales

- El material utilizado en los procesos de sellado e impresión en algunos casos es provisto externamente, lo cual puede generar errores por dimensiones y/o mala calidad.

#### 4.8.5 Medio Ambiente

- La tintas y solventes son causantes de molestias en los operarios lo que puede incurrir en paradas no programadas de los procesos.

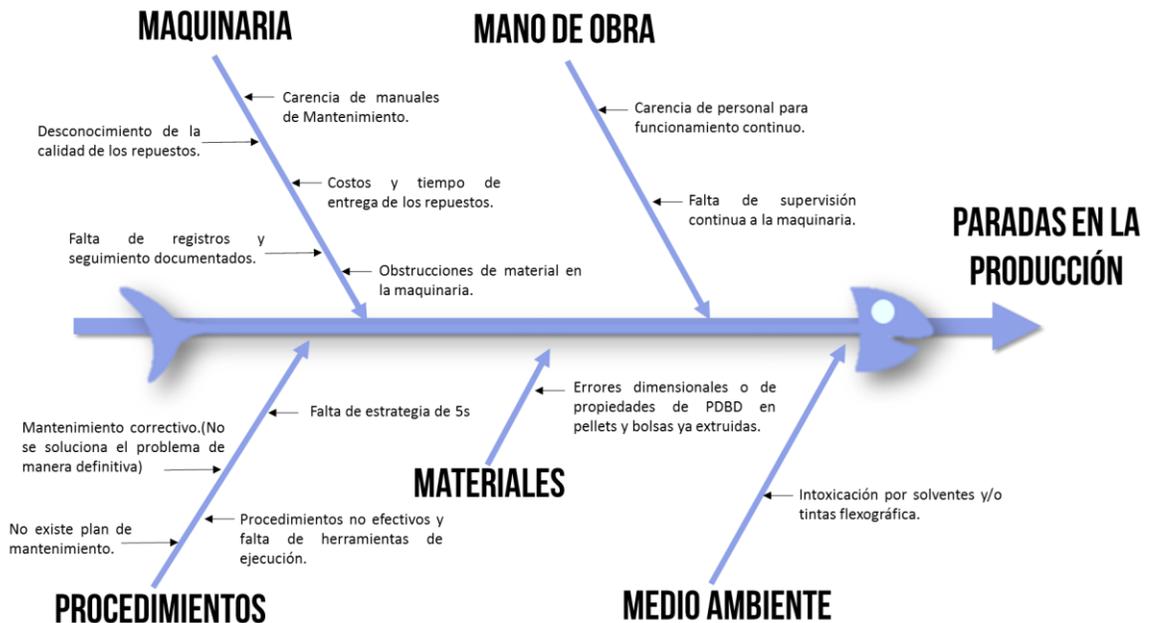


Figura 27. Diagrama de Ishikawa (Paradas de la producción)

#### 4.9 DIAGNOSTICO DE FALLAS Y POSIBLES FALLAS EN LOS PROCESO DE IMPRESIÓN FLEXOGRAFICA, EXTRUSION Y SELLADO.

#### 4.10 CONDICIONES AMBIENTALES DE LA EMPRESA

Las condiciones ambientales en cualquier industria son de gran importancia debido a que estas crean condiciones laborales que permiten a los obreros u operarios ejecutar todas las tareas sin fatiga innecesaria.

Si los operarios se encuentran en un ambiente grato, en condiciones higiénicas, sin experimentar frío ni calor, con una iluminación y ventilación adecuada y con el menor ruido posible, disminuye considerablemente su fatiga y de esta manera poder concentrarse en su trabajo y realizarlo de la mejor manera.

##### 4.10.1 Diagnóstico del ambiente de trabajo actual mediante el método causa-efecto.

Las condiciones ambientales actuales de la empresa son muy deficientes, debido a las malas condiciones de trabajo en las que se desarrolla todo el personal operativo y administrativo.

En la Figura 28 se muestra un análisis a través del método de causa y efecto, de los factores ambientales que influyen en la salud y el rendimiento laboral del personal de la empresa.

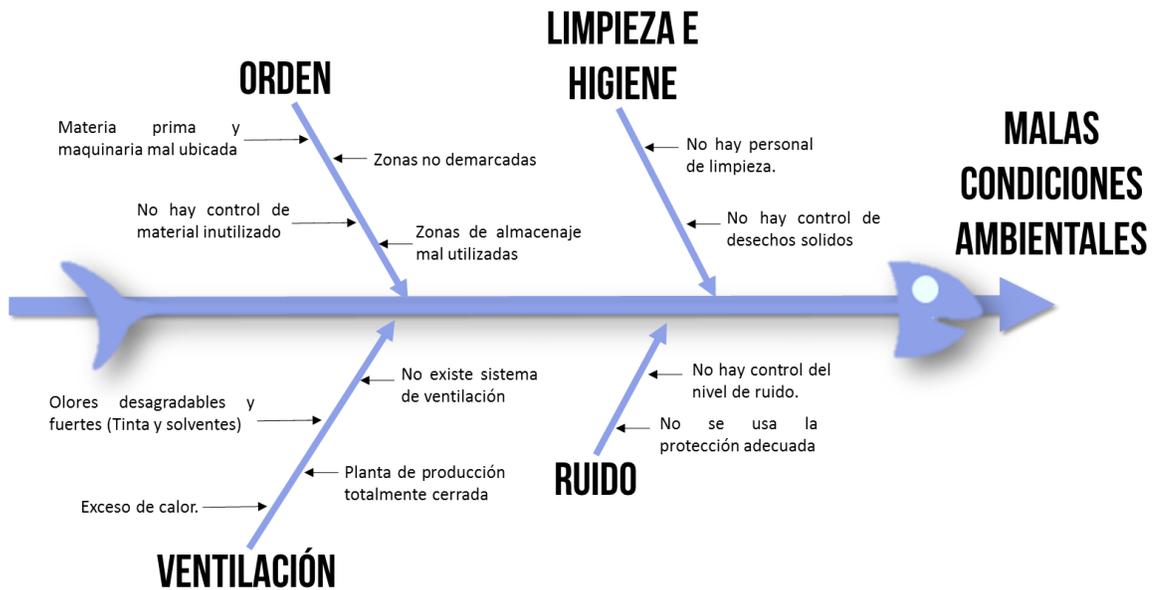


Figura 28. Diagrama Causa Efecto (ISHIKAWA) de las condiciones ambientales que se presentan en Flexocucuta

#### 4.10.2 Descripción de los solventes y tintas utilizados

##### 4.10.2.1 Tinta flexográfica

Flexocucuta usa tintas base solvente, formuladas con resinas sintéticas y pigmentos exentos de metales pesados en cumplimiento de las regulaciones del empaque en los apartes de la norma CONEG y FDA, para impresión por sistema flexográfico en aplicaciones de superficie dorso o cara, no adecuada cuando hay caída de mordaza. Estas tintas tienen como sustratos polietileno de alta y baja densidad tratado con 38 dinas/cm de tensión superficial, polipropilenos BOPP, MOPP. PP cast tratados con 38 dinas/cm de tensión superficial, Papeles, Cartulina foil de aluminio primado, películas metalizadas y películas de Nylon. Debido a la diversidad de coextruido de poliolefinas posibles es preciso evaluar cada uno antes de realizar tirajes industriales. Usada para empaques genéricos como bolsa de supermercado en general, bolsa boutique, productos refrigerados no lácteos. (Industrias Lember S.A., 2016).

#### Recomendaciones de uso:

Ajustar viscosidad entre 20-30 de acuerdo al requerimiento de intensidad previa agitación y recirculación en la unidad de impresión con el solvente recomendado.

Sugerimos, Mezcla de 80% n-propanol y 20% de N-Propil acetato para fondos y Mezcla 75% N-Propanol, 15% de N-Propil acetato y 10% de Metoxipropanol.

### **Características:**

- Excelente Brillo
- Buena transferencia y printabilidad
- Buena resistencia al rayado y al roce
- Excelente adherencia
- Buena flexibilidad
- Resistencia térmica moderada, no mayor a 110°C.
- No Laminable

#### 4.10.2.2 Solvente

El solvente utilizado en la empresa es el Propanol, este es proporcionado por conquimica como proveedor.

El compuesto químico propan-1-ol es un alcohol incoloro, muy miscible con el agua. Es comúnmente llamado propanol, n-propanol o alcohol propílico. Su fórmula química desarrollada es CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>OH. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2009).

#### Aplicación:

- En compuestos anticongelantes, solvente para gomas, lacas, hule, aceites esenciales, creosota.
- Componente en aceites y tintas de secado rápido.
- En productos cosméticos como son lociones y productos refrescantes.
- En la limpieza de aparatos electrónicos.
- En la fabricación de acetona, glicerina, acetato de isopropilo.
- En medicina como antiséptico.

#### Manipulación

- Peligros físicos: El vapor se mezcla bien con el aire, se forman fácilmente mezclas explosivas.
- Peligros químicos: Reacciona con oxidantes fuertes (percloratos, nitratos).
- Límites de exposición: TLV (como TWA): 200 ppm; 492 mg/m<sup>3</sup> (piel) (ACGIH). TLV (como STEL): 250 ppm; 614 mg/m<sup>3</sup> (piel) (ACGIH).

- Vías de exposición: La sustancia se puede absorber por inhalación de su vapor, por inhalación del aerosol, a través de la piel y por ingestión.
- Riesgo de inhalación: En la evaporación de esta sustancia a 20 °C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire.
- Efectos de la exposición de corta duración: La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede tener efectos sobre el sistema nervioso central, dando lugar a depresión de su actividad. La exposición muy por encima el OEL puede producir pérdida del conocimiento. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.
- Efectos de la exposición prolongada: El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis aguda y cáncer dérmico.

# CAPITULO 5

## 5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA IMPRESORA FLEXOGRAFICA DE LA EMPRESA FLEXOCUCUTA.

### 5.1 INVENTARIO DE MAQUINARIA

La creación de un inventario físico de la maquinaria que se tiene actualmente en la empresa Transproductos, S.A., permite conocer de forma clara y sencilla los datos principales de cada máquina y determinar el grado de importancia de cada una dentro de la planta de producción.

Los datos que se describen en el inventario de la maquinaria son los siguientes:

1. Número de inventario: Numero correlativo del inventario de la máquina.
2. Nombre: Se refiere al nombre de la máquina o como se le conoce en la planta industrial de la empresa.
3. Marca: Casa constructora o de fabricación de la máquina, si lo tiene.
4. Modelo: Tipo de modelo de la maquinaria, si lo tiene.
5. Serie: Número de serie de cada maquinaria, si lo tiene.
6. Costo estimado: Valor económico promedio según las condiciones que posea, en el mercado actual. Estos precios fueron obtenidos en base a consultas online con varias empresas que se dedican a la compra y venta de maquinaria industrial similares a los que se tiene en la planta.

**Tabla 11. Inventario actual de maquinaria en la empresa**



# INVENTARIO DE MAQUINARIA

N°	Nombre de la Maquina	Marca	Modelo	Serie	Costo Estimado
1	Selladora	Young Chang	DRQ-600	110907	60'000.000
2	Extrusora				15'000.000
3	Impresora	Flexocucuta			80'000.000
4	Bascula				300.000
5	Selladora Pequeña				5'000.000

## 5.2 TIPO DE MANTENIMIENTO QUE SE APLICARÁ EN LA MAQUINARIA

Después de analizar la situación del mantenimiento aplicado actualmente en toda la maquinaria de la empresa Flexocucuta, se opta a la implementación e introducción del mantenimiento preventivo en la impresora flexográfica y la elaboración de tareas programadas para todo el equipo industrial utilizado en el proceso productivo. Esto en base a que el mantenimiento preventivo es aplicable a cualquier tipo de empresa, no importando su tamaño ni tipo de producción y porque cualquier plan de mantenimiento preventivo deberá cumplir con los siguientes puntos:

1. Una inspección periódica de las máquinas y equipos para detectar situaciones que puedan originar fallas o una depreciación perjudicial.
2. Es el mantenimiento necesario para remediar esas situaciones antes de que lleguen a agravarse.

Lo más importante del mantenimiento preventivo es que permite planificar con anticipación las actividades a realizar en la maquinaria, escoger al personal que realizará el trabajo, seleccionar las herramientas adecuadas a utilizar, la frecuencia de aplicación, enumerar las piezas que se van a reemplazar, chequear la lubricación de maquinaria, y también coordinar con producción las fechas más apropiadas para llevar a cabo los trabajos de inspecciones y reparaciones programados con suficiente anticipación.

Adicionalmente a esto, se obtendrá un ahorro en los costos de reparación y mantenimiento de inventarios. Existen varios factores que demuestran la importancia de la aplicación del mantenimiento preventivo en la maquinaria de la empresa, entre las cuales podemos mencionar:

- Reduce el número de fallas o averías en los equipos.
- Reduce el tiempo de paros en las líneas de producción permitiendo elevar los tiempos de fabricación.

- Se podrá identificar todos los equipos que originan gastos de mantenimiento exagerados, pudiéndose así señalar las necesidades de un trabajo de mantenimiento correctivo para el mismo, un mejor adiestramiento del operador, o bien, el reemplazo de máquinas anticuadas.
- Se conocerá de una forma más exacta el intervalo de tiempo en que la maquinaria prestará sus servicios sin que se presente una falla en ella.
- Menor ocurrencia de productos rechazados, repeticiones y desperdicios, como producto de una mejor condición general del equipo. Y de esta forma se incrementa la calidad de producto que se ofrece al mercado.

Muchas más ventajas y conceptualización de este tipo de mantenimiento se encuentran en el apartado 2.6.3.4 de este trabajo de grado.

### **5.3 PERSONAL ENCARGADO DEL MANTENIMIENTO**

La empresa Flexocucuta actualmente no cuenta con el personal técnico calificado para brindarle el mantenimiento respectivo a la maquinaria. Cabe resaltar que los operarios tanto de la impresora flexográfica como de la extrusora están en la capacidad de realizar tareas correctivas de mantenimiento sobre las máquinas que operan. Debido a esto, es imperativo la contratación de personal propio de la empresa, para la aplicación del mantenimiento.

Es importante aclarar que, debido al número de máquinas y al tipo de mantenimiento requerido, no es necesario contratar un gran número de técnicos, sino que solamente el necesario. Las personas encargadas del mantenimiento de la maquinaria en la empresa son:

- Técnico Mecánico Industrial
- Ayudante de mecánico

### **5.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS Y COMPETENCIAS NECESARIAS**

Las labores de técnico mecánico industrial y de ayudante en un principio pueden ser reemplazadas por las labores de los operarios, si estos se capacitan. Así, se implementaría un pilar del TPM que sería el concepto de operador mantenedor.

Las competencias laborales son el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que aplicadas o demostradas en situaciones del ámbito productivo, se traducen en resultados efectivos que contribuyen al logro de los objetivos de la organización o empresa. Y estos son los necesarios a fin de que las personas encargadas del mantenimiento realicen su trabajo de una manera eficaz.

En otras palabras, la competencia laboral es la capacidad que una persona posee para desempeñar una función productiva en escenarios laborales usando diferentes recursos bajo ciertas condiciones, que aseguran la calidad en el logro de los resultados.

En las siguientes tablas se muestran los puestos y las competencias específicas de cada puesto.

**Tabla 12. Descripción de puesto Técnico Mecánico industrial.**



## DESCRIPCION DE PUESTO TÉCNICO MECÁNICO INDUSTRIAL

**Título del puesto:** Técnico Mecánico Industrial

**Puesto a que reporta:** Jefe de mantenimiento

**Supervisión Ejercida:** Ayudante y operarios de mantenimiento

### Función Básica:

Realizar todos las actividades y rutinas de mantenimiento requeridos para el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo de toda la maquinaria industrial de la empresa y efectuar los trabajos de mantenimiento correctivo cuando éstos se presenten.

### Responsabilidades específicas:

- A) Llevar a cabo todas las tareas o trabajos de mantenimiento programados para la maquinaria y equipo industrial.
- B) Revisión y seguimiento de las actividades desarrolladas por empresas o personas externas contratadas para el mantenimiento a la maquinaria (trabajos de torneado, soldadura, etc.)
- C) Verificación de calidad de materiales, repuestos y herramientas utilizadas en el mantenimiento.
- D) Dar mantenimiento correctivo de manera eficaz y eficiente a los equipos que lo necesiten a fin de no interrumpir el proceso productivo de la empresa.
- E) Desarrollar diariamente las actividades de mantenimiento preventivo.
- F) Reportar cualquier falla mayor a su superior de producción a fin de tomar las medidas de corrección respectiva.
- G) Llenar las hojas de control para los reportes de los trabajos de mantenimiento

Fuente: Autor

Tabla 13. Competencias necesarias para el puesto Técnico Mecánico industrial



# TÉCNICO MECÁNICO INDUSTRIAL

## EDUCACIÓN:

NIVEL: Técnico

ESPECIALIDAD: Mecánica Industrial o Electromecánica

## CONOCIMIENTOS ESPECÍFICOS

Neumática Básica

Electricidad

Mantenimiento de extrusoras de polietileno (alta y baja densidad)

Mantenimiento de impresoras flexográficas

## EXPERIENCIA

Experiencia mínima de 1 años en mantenimiento de maquinas industriales, compresores, motores eléctricos, lubricación y máquinas rotativas.

Experiencia mínima de 6 meses en industrias con maquinaria para la producción de bolsasplásticas.

## VALORES Y/O ACTITUDES

Puntualidad

Compromiso

Respeto

Proactividad

Fuente: Autor

Tabla 14. Descripción de puesto Ayudante mecánico

	<b>DESCRIPCION DE PUESTO AYUDANTE MECÁNICO</b>
<p><b>Título del puesto:</b> Ayudante Mecánico <b>Puesto a que reporta:</b> Técnico Mecánico Industrial <b>Supervisión Ejercida:</b> Operarios encargados de mantenimiento</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Función Básica:</b></p> <p style="text-align: center;">Auxiliar al técnico mecánico industrial encargado del mantenimiento correctivo y preventivo de la maquinaria de la empresa, en todas las tareas o actividades que este realice o programe.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Responsabilidades específicas:</b></p> <p>A) Llevar a cabo todas las tareas o trabajos de mantenimiento programados para la maquinaria y equipo industrial.</p> <p>B) Ayudar al técnico o personas externas contratadas para el mantenimiento respectivo a la maquinaria.</p> <p>C) Desarrollar diariamente las actividades de mantenimiento preventivo</p> <p>D) Reportar cualquier falla al técnico encargado del mantenimiento.</p> <p>E) Llenar las hojas de control para los reportes de los trabajos de mantenimiento</p> <p>F) Operar algunas máquinas en ausencia de operarios de la misma.</p>	

Fuente: Autor

**Tabla 15. Competencias necesarias para el puesto Ayudante mecánico**

	<h1>AYUDANTE MECÁNICO</h1>
<p><b>EDUCACIÓN:</b>                  NIVEL: Medio                  ESPECIALIDAD: Bachiller industrial o mantenimiento industrial</p>	
<p><b>CONOCIMIENTOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>Electricidad                  Mecánica General</p>	
<p><b>EXPERIENCIA</b></p> <p>Experiencia mínima de 1 años en mantenimiento de maquinas industriales, compresores, motores eléctricos, lubricación y máquinas rotativas.</p>	
<p><b>VALORES Y/O ACTITUDES</b></p> <p>Compromiso                  Responsabilidad                  Honradez                  Puntualidad</p>	

Fuente: Autor

## 5.5 PROCEDIMIENTO PARA RELIZAR EL MANTENIMIENTO

Las secuencias de actividades que deben de realizarse a fin de poder ejecutar eficientemente todas las tareas relacionadas al mantenimiento preventivo de las máquinas y equipo industrial utilizado en la empresa, así como las fichas o formatos de control necesario, se presentan a continuación:

### 5.5.1 Diagrama propuesto para mantenimiento

El diagrama de flujo de actividades que se propone para realizar el mantenimiento preventivo en las máquinas de Flexocucuta es el presentado en la Figura 29.

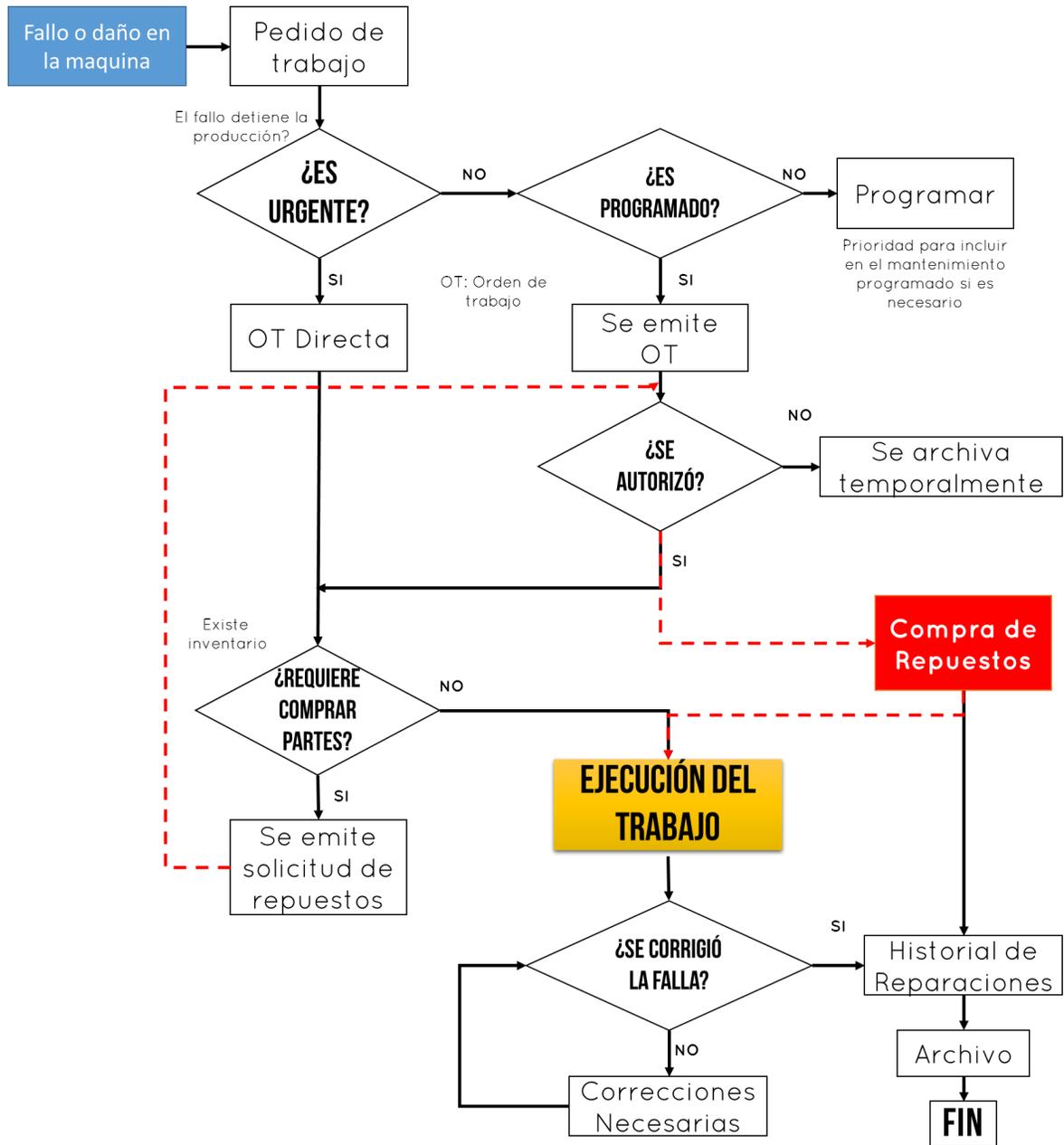


Figura 29. Diagrama de flujo mantenimiento en Flexocucuta

### 5.5.2 Ficha de pedido de trabajo

Este formulario deberá contener datos como, tipo de máquina o equipo a intervenir, respectivo código y ubicación, fecha en que se solicita, el grado de prioridad de la ejecución de la tarea, la descripción de la falla y el personal que lo solicita.

Éste último (normalmente el operador), en conjunto con el mecánico encargado del mantenimiento podrá proponer sugerencias para llevar a cabo adelante la reparación, colaborando con la efectividad y la eficacia de la intervención. Esta ficha se expone en la Figura 30.

		<h1>PEDIDO DE TRABAJO</h1>	
Fecha:		<b>N°</b>	
Solicitante:			
Nombre del equipo o Maquina	Descripción de la Falla	PRIORIDAD	
		Urgente	
		Normal	
Sugerencia para Reparación			

Figura 30. Ficha de Pedido de Trabajo

### 5.5.3 Ficha de orden de trabajo

La Orden de trabajo u OT (Figura 32) se utiliza para solicitar y autorizar un trabajo de mantenimiento. Una vez recibido y gestionado la ficha de pedido de trabajo, se deberá llenar la orden de trabajo para realizar las intervenciones cuando se considere oportuno. Estas órdenes contendrán el número, fecha de egreso e ingreso, la máquina, equipo o instalación a reparar, su respectivo código y ubicación en la planta, el sistema o unidad a intervenir, el tipo de mantenimiento, la descripción de la tarea a realizar.





### 5.5.5 Ficha de programación de rutinas de mantenimiento

Este formato () presenta todos los trabajos o actividades referentes a las rutinas de mantenimiento que se deben de efectuar en cada una de las máquinas de la empresa, éstas se realizan conforme el programa de mantenimiento o en base a las necesidades que se presenten. Los datos más importantes que se registran en este documento son: los trabajos o actividades de mantenimiento a realizar en las máquinas y fecha de programación de las próximas visitas. Este formato también se puede utilizar para proponer actividades de mantenimiento que no se tiene en cuenta dentro del mantenimiento programado.

 <b>PROGRAMACIÓN DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO</b>		
Máquina:	Sistema o unidad:	
Elemento o componente:	Encargado:	
Fecha de realización:	Duración Aproximada:	
Observaciones:		
Tareas a realizar	Última Intervención:	Próxima Intervención:
_____ Aprobado por:		

Figura 33. Programación de rutinas de mantenimiento

## 5.6 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

El diseño de un programa de mantenimiento preventivo a la maquinaria en la empresa Flexocucuta, se basa en la necesidad de eliminar los paros continuos en la producción por desperfectos en las máquinas y a los altos costos de mantenimiento correctivo que conlleva efectuar las reparaciones necesarias.

Debido a la importancia del mantenimiento para la prolongación de la vida útil de los equipos, y en la continuidad de su funcionamiento adecuado, se han determinado 9 actividades generales que debe poseer una rutina de mantenimiento. Estas constituyen la base de las rutinas para cada uno de los equipos; su aplicabilidad es determinada por las características específicas de cada máquina. Estas actividades son:

N°	ACTIVIDAD
1	Limpieza externa
2	Inspección externa
3	Limpieza interna
4	Inspección interna
5	Lubricación y/o engrase
6	Reemplazo de partes
7	Ajuste y/o calibración
8	Revisión Eléctrica
9	Prueba Funcional completa

A continuación se describen cada una de las actividades:

### 1. Limpieza Externa

Eliminar cualquier vestigio de suciedad, desecho tanto químico como sólido, polvo, etc., en las partes externas que componen los equipos, mediante los métodos adecuados según corresponda. Esta actividad incluye la limpieza de la carcasa de las máquinas industriales utilizando limpiador de superficies líquido, lija, limpiador de superficies en pasta y pinturas anticorrosivas.

### 2. Inspección Externa

Examinar atentamente el equipo, partes y accesorios que se encuentran a la vista, sin necesidad de quitar partes de la máquina, tales como mangueras, fajas, conexiones eléctricas, alimentación de agua, fugas de lubricantes, vibración, sobrecalentamiento, desgastes, partes faltantes, o cualquier signo que obligue a

sustituir las partes afectadas como también para tomar alguna acción pertinente al mantenimiento preventivo o correctivo.

### 3. Limpieza Interna

Eliminar cualquier suciedad, desechos tanto químicos como sólidos, polvo o lodo., en las partes internas que componen al equipo, mediante los métodos adecuados según corresponda. Esto podría incluir: limpieza de superficie interna utilizando limpiador de superficies líquido, lija u otros. También incluye limpieza de tabletas electrónicas, contactos eléctricos, conectores, utilizando limpiador de contactos eléctricos, aspirador y brocha.

### 4. Inspección Interna

Examinar atentamente las partes internas del equipo y sus componentes, para detectar signos de corrosión, impactos físicos, desgastes, vibración, sobrecalentamiento, fatiga, roturas, fugas, partes faltantes, o cualquier signo que obligue a sustituir las partes afectadas. Esta actividad podría conllevar de ser necesario, la puesta en funcionamiento de un equipo o de una parte de éste, para comprobación visual.

### 5. Lubricación y/o engrase

Es una de las actividades más importantes del mantenimiento preventivo. Tiene gran influencia en la vida útil de las máquinas; una mala lubricación provoca en un buen porcentaje la aparición de averías en las máquinas. Esta actividad puede ser realizada en el momento de la inspección si se considera necesario.

Según Mora (Mora, 2009)La frecuencia de lubricación de la maquinaria industrial se basa en los siguientes principios:

- a) El principio de mayor importancia es, no lubricar lo que no requiere lubricación. El exceso es tan perjudicial como la falta, tanto por los costos, como en el funcionamiento correcto de los elementos lubricados.
- b) El tipo y marca de lubricante (aceite o grasa) a utilizar. Esto tiene que estar basado en la información del fabricante del equipo. Se debe comparar los lubricantes disponibles en el mercado, el comportamiento de estos contra lo que el fabricante espera y la mejor formulación para las condiciones de trabajo donde nos encontramos.
- c) El programa de lubricación tiene que ser bastante simple para implementarlo. Se tiene que simplificar y estandarizar las grasas y los aceites a utilizar en la lubricación de toda la maquinaria al mínimo posible a fin de que cubran todos los requerimientos necesarios.

Mora indica que la selección de un lubricante depende de la gama de temperatura, la velocidad de rotación y las condiciones ambientales y de funcionamiento. Por esto el aceite es el lubricante apropiado cuando la velocidad y/o las condiciones de funcionamiento son altas, o cuando es necesario evacuar el calor del rodamiento.

En los casos en que el rodamiento funciona en condiciones normales de velocidad y temperatura se elige la grasa. Como lubricante, esta presenta diversas ventajas con respecto al aceite; requiere un sistema más sencillo y barato, mejor adhesión, y protección contra la humedad y los contaminantes del ambiente de trabajo, cuando el acceso a la lubricación es difícil.

## 6. Reemplazo de partes

La mayoría de los equipos tienen partes diseñadas para gastarse durante el funcionamiento del equipo, de modo que prevengan el desgaste en otras partes o sistemas del mismo. Ejemplo de éstos son: las termocoplas, cojinetes, resistencias eléctricas, terminales, etc. El reemplazo de estas partes es un paso esencial del mantenimiento preventivo, y puede ser realizado en el momento de la inspección.

## 7. Ajuste y/o calibración

En el mantenimiento preventivo es necesario ajustar y calibrar los equipos, ya sea ésta una calibración o ajuste mecánico, eléctrico, o electrónico. En el caso de la impresora flexográfica el ajuste es completamente mecánico.

Para esto deberá tomarse en cuenta lo observado anteriormente en las actividades de inspección externa e interna del equipo. De ser necesario poner en funcionamiento el equipo y realizar mediciones de los parámetros más importantes de éste, de modo que éste sea acorde a normas técnicas establecidas, especificaciones del fabricante, experiencias del operador, o cualquier otra referencia para detectar cualquier falta de ajuste y calibración.

Luego de esto debe realizarse la calibración o ajuste que se estime necesaria, poner en funcionamiento el equipo y realizar la medición de los parámetros correspondientes, estas dos actividades serán necesarias hasta lograr que el equipo no presente signos de desajuste o falta de calibración.

## 8. Revisión Eléctrica

La realización de esta prueba, dependerá del grado de protección que se espera del equipo en cuestión, debido a que no todos los equipos o maquinaria manejan la misma carga eléctrica y por lo mismo el margen de seguridad eléctrica para cada una difiere de las otras. La revisión eléctrica puede ser simplemente visual y/o con un equipo verificando conexiones, estado de cableado, protecciones etc.

## 9. Prueba funcional completa

Esta es la actividad más importante que incluye un mantenimiento preventivo, ya que además de las pruebas de funcionamiento realizadas en otras partes de la rutina, es importante poner en funcionamiento el equipo en conjunto con el operador, en todos los modos de funcionamiento que éste posea, lo cual además de detectar posibles fallas en el equipo, hace que la determinación de fallas en el proceso de operación sea mucho más efectiva por parte del operador o del mismo técnico.

### 5.6.1 Mantenimiento programado

Este trabajo de grado hace referencia a un manual de mantenimiento preventivo para la impresora flexográfica, pero, las labores programadas son parte fundamental del mantenimiento en una empresa. Las rutinas de mantenimiento programado son actividades programadas que se ejecutan a una máquina o a un conjunto de ellas para mantenerlas en perfecto estado de funcionamiento. Las rutinas de mantenimiento para toda la maquinaria y equipos de la empresa Flexocucuta son las que se presentan a continuación:

**Tabla 16. Actividades programadas de mantenimiento para la Impresora Flexográfica**

N°	SISTEMA	ACTIVIDAD	DURACIÓN	Frecuencia
A	Desembobinado y embobinado	Limpieza de rodillos de embobinado/desembobinado	120	Semanal
B		Lubricación de conijinetes embobinadores/desembobinadores	60	Mensual
C		Revisar puntos de apoyo sujetos a desgaste	30	Bimensual
D		Revisión de conijinetes de ajuste transversal	15	Bimensual
E	Control	Limpieza de contactos electricos	30	Semestral
F		Limpieza externa del panel de control	15	Semestral
G		Revisar conexiones defectuosas	40	Quincenal
H		Revisar estado de contactores	25	Semanal
I		Revisar estado de cableado interno	120	Mensual
J		Revisar instalación eléctrica (alimentación)	10	Diario
K		Verificación de interruptores de operación	10	Semanal
L		Revisión de conexiones	60	Bimensual
M		Verificación general de conexiones eléctricas	45	Quincenal
N°		Revisión de conexiones eléctricas motores	60	Mensual
Ñ		Impresión	Lubricación de Rodamientos	45
O	Lubricación de engranajes		45	Quincenal
P	Lubricación y limpieza de dientes de engranajes de rodillos		45	Semanal
Q	Lubricación de bujes rodillos porta-clisé		25	Semanal
R	Revisión de rodillos porta-clisé		20	Semanal
S	Revisión de balanceo rodillos porta-clisé		60	Mensual
T	Revisión de superficie rodillos anilox		60	Quincenal
U	Revisión de superficie rodillos de caucho		60	Quincenal
V	Revisión y limpieza de bandeja de tinta		30	Quincenal
W	Revisión acople entre motor y sistemas		20	Quincenal
X	Revisión estado de rodillos guía de película		25	Mensual
Y	Alimentación	Revisión de cadenas y piñones	45	Semanal
Z		Revisión de chumaceras y ajuste de ejes	30	Semanal
AA		Revisión de poleas y correas	60	Semanal
AB	Secado	Verificación de resistencias y controles de temperatura	120	Mensual
AC		Revisar estado de conductos de Aire y/o Fugas del sistema	20	Semanal
AD		Verificar funcionamiento de turbina de aire	15	Diario
AE		Servicio general a la turbina de aire	120	Trimensual

**Tabla 17. Actividades programadas de mantenimiento para la Extrusora.**

N°	SISTEMA	ACTIVIDAD	DURACIÓN (min)	Frecuencia
A	Alimentación materia prima	Búsqueda de fuga de pellets	15	Mensual
B		verificar funcionamiento mecánico	10	Mensual
C		verificar funcionamiento eléctrico	10	Mensual
D	Grupo extrusión	Revisar funcionamiento del motor principal	25	Bimensual
E		Rellenar o reemplazar el nivel de aceite de la caja reductora	15	Mensual
F		Revisar fugas del sistema de refrigeración	20	Semestral
G		Validar dimensiones de piezas acoples mecánicos	30	Trimestral
H		Verificar instalación y funcionamiento de resistencias de calefacción y termocuplas	60	Mensual
I		Revisar fugas del sistema, cambiar filtros	30	Mensual
J	Cabezal	Limpieza anillo	10	Bimensual
K		Limpieza boquilla	10	Bimensual
L		Revisión fugas	60	Mensual
M		Verificación del sistema de rotación	15	Semanal
N		Verificar instalación y funcionamiento de resistencias de calefacción y termocuplas	20	Mensual
Ñ		Desmante del cabezal y limpieza total	120	Semestral
O	Sistema estabilización	Verificar funcionamiento mecánico	60	Trimestral
P		Limpieza de rodillos guía	40	Semestral
Q	Colapsadores	Verificar funcionamiento mecánico	25	Bimensual
R		Limpieza de rodillos guía	40	Semestral
S	Conjunto Halador	Verificar reductor principal Halador	60	Bimensual
T		Limpieza e inspección de rodillos	30	Bimensual
U		Revisar sistemas de tracción	60	Mensual
V	Tratamiento	Verificar funcionamiento eléctrico	30	Trimestral
W		Verificar sistema de extracción de ozono	20	Bimensual
X		Verificar electrodos	15	Semestral
Y	Embobinador	Revisar fugas reductores	40	Bimensual
Z		Rellenar o reemplazar el nivel de aceite reductores	45	Mensual
AA		verificar funcionamiento rodillos de giro loco	15	Trimestral
AB		Revisar dimensiones ejes y desgastes mecánicos	60	Bimensual
AC		verificar funcionamiento eléctrico	45	Mensual

Tabla 18. Actividades programadas de mantenimiento para la Selladora.

N°	SISTEMA	ACTIVIDAD	DURACIÓN (min)	Frecuencia (meses)
A	Motor principal	Cojinetes: Revisión y limpieza	120	6
B		Embobinado: Revisión y limpieza	40	6
C	Caja Reductora	Cojinetes: Revisión y limpieza	120	6
D		Poleas: Revisar holgura entre la polea y el eje	30	6
E		Embobinado Revisión y limpieza	45	6
F		Cojinetes: Revisión y limpieza	120	6
G		engranajes: Revisar contacto	30	12
H		Polea: Revisar holgura entre polea y eje	30	6
I	Eje secundario	Eje: Revisar desgaste y pandeo	40	6
J		Leva de retroceso: Revisar desgaste	40	12
K		leva de corte: Revisar desgaste	15	12
L		Leva de sello: Revisar desgaste	20	6
M		Cojinete: 6021: Revisar y limpiar	40	6
N		Mordaza: Revisar y limpiar	30	6
Ñ		Cojinetes: Revisar y limpiar	40	12
O		Eje sellador: Revisar pandeo y desgaste	20	12
P	Ajustador de medida	Marco: Revisar y limpiar	15	12
Q		Carrito: Revisar y limpiar	30	6
R		Engrane helicoidal: Revisar y limpiar dientes	20	6
S		Cojinetes axiales 51102: Revisar y limpiar	40	12
T		Engranaje sin fin: Revisar y limpiar	60	12
U		Manivela: Revisar y limpiar	10	12
V		Eje manivela: Revisar	5	12
W		Arco: Revisar y limpiar	5	12
X		Barra templada: Revisar y limpiar	10	12
Y		Rodillos delanteros	Rodillos: Revisar caucho y eje	10
Z	Cojinetes: Revisar y limpiar		40	6
AA	Topes: Revisar y limpiar		10	12
AB	Rodillo inferior: Revisar caucho y eje		15	6
AC	Engranaje: Revisar y limpiar dientes		20	6
AD	Cilindros: Revisar y limpiar		15	6
AE	Fijadores para cilindros: Revisar y ajustar		25	6
AF	Rieles: Revisar y limpiar		15	6
AG	Sistema de corte y sello	Brazo izquierdo: Revisar y limpiar	10	12
AH		Brazo derecho: Revisar y limpiar	10	12
AI		Brazo accionador: Revisar y limpiar	15	6
AJ		Sellador: Revisar y cambio de teflón	30	6
AK		Mangueras: Revisar y limpiar	30	6
AL	Rodillo anterior	Rodillo: Revisar caucho y eje	45	6

## 5.7 RECONOCIMIENTO DE PARTES DE LA IMPRESORA FLEXOGRAFICA

Uno de los objetivos de este trabajo de grado es reconocer en su totalidad las partes de la impresora flexográfica, esto facilitará la comprensión de las tareas de mantenimiento al identificar con plena seguridad la sección o parte de la impresora donde se efectuaran las tareas preventivas. Como la impresora flexográfica cuenta con un gran número de partes la mejor forma de hacer un reconocimiento de partes es con imágenes reales dividiendo la maquina en sistemas, es decir, la impresora se dividirá en 5 sistemas: Embobinado y desembobinado, impresión, Control, Alimentación y por ultimo secado como se muestra en la Tabla 16.

Los sistemas de la impresora flexográfica se muestran en la siguiente figura:

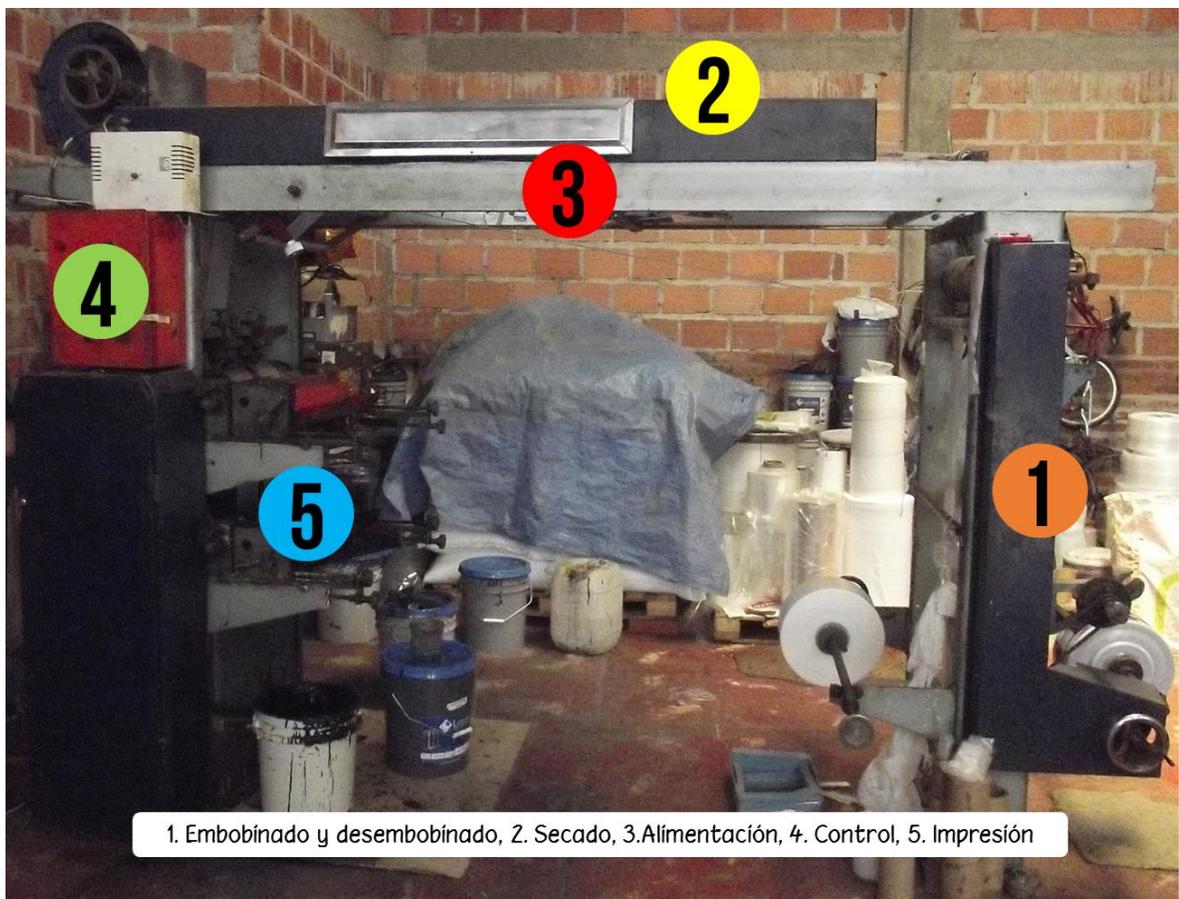


Figura 34. Sistemas de la impresora flexográfica.

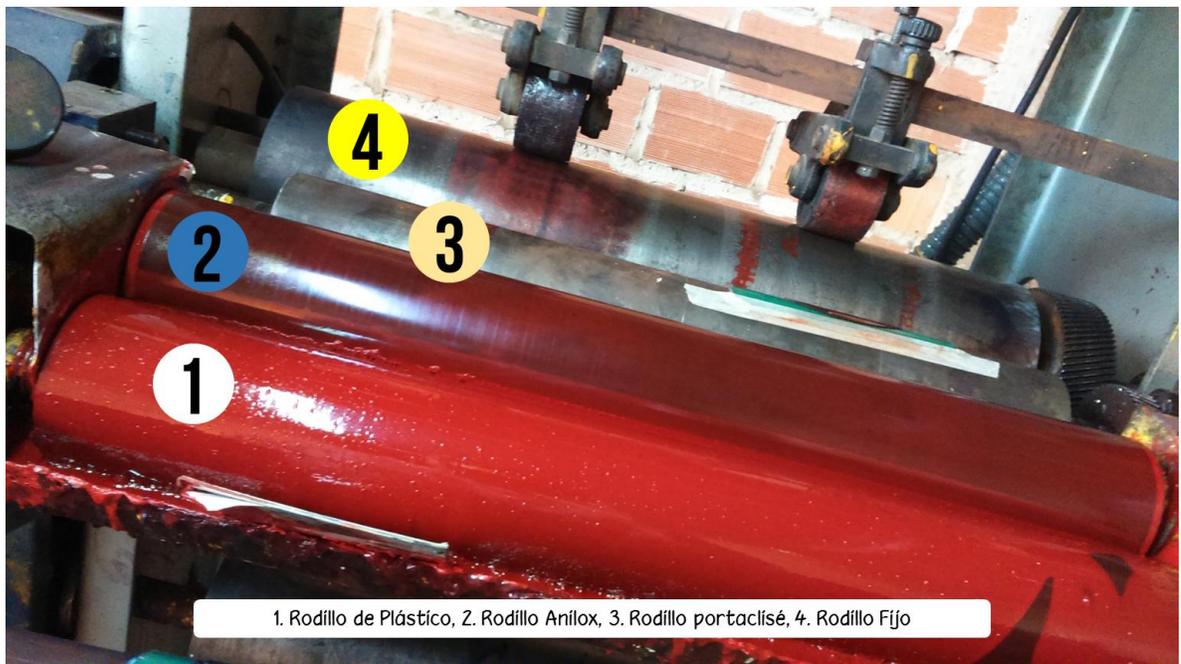
El sistema con más complejidad de la impresora es el número 5. El sistema de impresión de dos colores es la parte fundamental de la maquina por obvias razones, este sistema es base fundamental del mantenimiento preventivo de la impresora porque presenta cantidad de partes móviles y elementos que sufren deterioro por

rotación constante. Es imperativo detallar cada parte que compone este sistema por su complejidad e importancia.



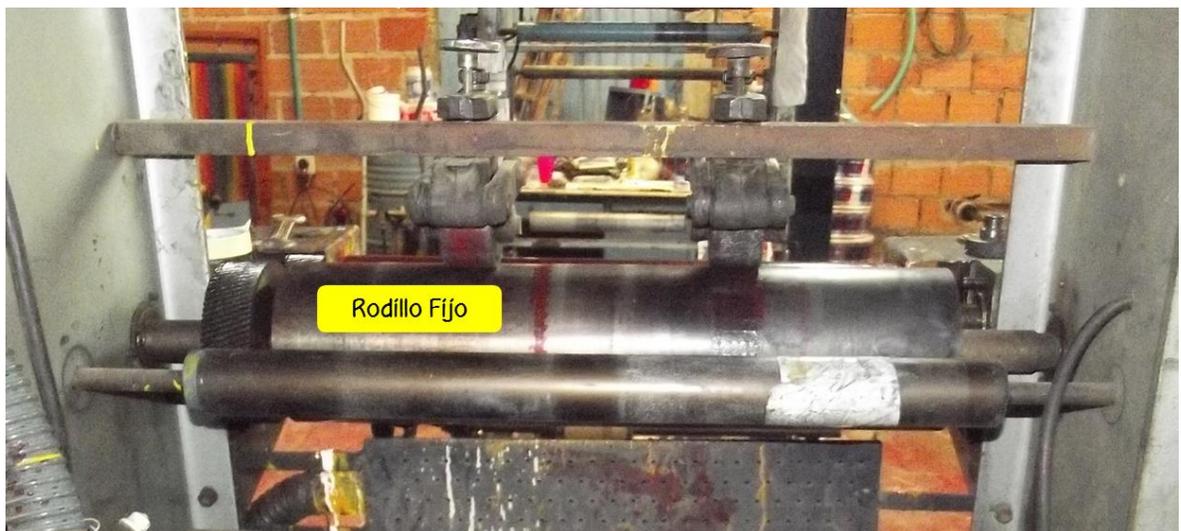
**Figura 35. Sistema de Impresión**

El sistema de impresión está compuesto por dos subsistemas idénticos, uno para cada color, estos sistemas poseen como parte fundamental 4 rodillos cada uno, estos rodillo son anilox, porta clisé, plástico y fijo.



**Figura 36. Elementos rodantes principales de la impresora (Rodillos)**

El rodillo fijo como su nombre lo indica es un rodillo que está soportado en la estructura de la impresora flexográfica, este rodillo es guía principal para la ubicación exacta del material extruido sobre los rodillos de aporte de tinta.



**Figura 37. Vista posterior del sistema de impresión ubicando el Rodillo Fijo**

El rodillo de plástico es el encargado de absorber tinta y entintar superficialmente el rodillo anilox, a su vez este se encarga en conjunto con el rodillo portaclisé de hacer la función de sello sobre el material extruido, ya que el último tiene el estereotipo ubicado en la posición predeterminada por el operador.

Los rodillos portaclisé, anilox y de plástico están soportados en sus extremos por elementos de forma rectangular llamados torretas, estos elemento permite ajustarlos de forma horizontal y a su vez aproximarlos.

La torreta portaclisé conformada por dos elementos generalmente se encarga de soportar los bujes principales ubicados uno a cada lado del rodillo portaclisé, a su vez posee un mecanismo de ajuste conformado por un tornillo sin fin, una perilla de ajuste y un rodamiento que hace contacto deslizante con un tercer buje que se encuentra acoplado al rodillo mencionado.

La torreta que porta los rodillos anilox-Plástico está conformada por un mecanismo de ajuste excéntrico el cual es accionado mecánicamente por una manivela, esta torreta también cuenta en su conjunto con dos rodamiento 1205 autoalineables (SKF 7205).

Las torretas portaclisé y anilox-Plástico se muestran en la Figura 38.



Figura 38. Torretas porta Rodillos.

Otro elemento fundamental del sistema de impresión es el mecanismo de ajuste horizontal conformado por dos tornillos sin fin acoplados a dos perillas, este mecanismo es el encargado de alejar y/o acercar las torretas porta rodillos.

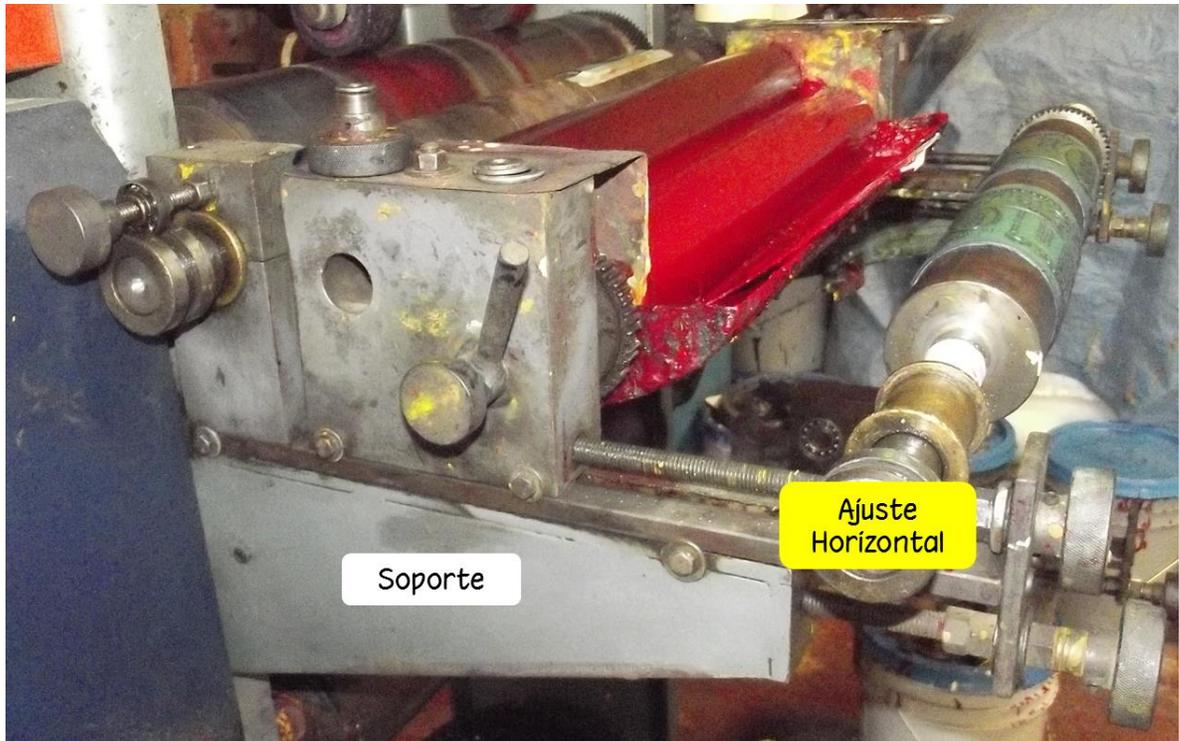


Figura 39. Vista Mecanismo de Ajuste Horizontal y del soporte del sistema de impresión.

Todo el sistema de impresión va soportado por 4 pilares en forma de cuña acoplados a la estructura de la impresora por tornillos de media pulgada.

## 5.8 TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA LA IMPRESORA FLEXOGRAFICA

Uno de los objetivos de este trabajo es generar un manual de mantenimiento preventivo detallado que contenga los elementos necesarios para la efectuar las acciones de mantenimiento de manera efectiva, es decir, de la mejor manera posible en el menor tiempo necesario. Este manual facilitará la ejecución de tareas sin necesidad tener experticia sobre los elementos mecánicos que conforman el sistema de impresión Flexográfica.

Este manual incluirá los apartados que se mencionan a continuación.

### 5.8.1 Lista de chequeo preoperatoria para la impresora Flexográfica

Una ficha pre-operacional es la encargada de ayudar al operario a ejercer labores mantenedoras sobre la máquina, esta ficha en forma de lista de chequeo facilita una

rápida inspección diaria de la misma en aspectos básicos que no requieren conocimientos de mantenimiento elevados.

La lista de chequeo pre-operacional () diseñada para la impresora flexográfica de la empresa flexocucuta se debe llenar diariamente y tiene el espacio suficiente para uso de una semana.

Flexo CUCUTA		LISTA DE CHEQUEO PREOPERACIÓN															
Datos de Inspección																	
Inspeccionado por: (Nombre)		EQUIPO	IMPRESORA FLEXOGRÁFICA		N°												
Revisado por: (Nombre)		Semana de;		Al:		Mes:											
Inspección																	
N°	ITEM	ESTÁNDAR	LUN		MAR		MIER		JUEV		VIER		SAB		DOM		
			C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	
1	Fuente de poder	Conectada/Cable en buen estado															
2	Panel de control	Funcionando/Contactores en buen estado															
3	Boton de emergencia	Funcionando/En buen estado															
4	Area de impresión	Limpia/Sin elementos innecesarios															
5	Tintas	Seleccionadas/Ubicadas															
6	Solvente	Ubicado															
7	Ventilador de secado	Encendido/En buen estado															
8	Círculos	Limpios															
9	Bobina	Ubicada															
10	Rodillos	En buen estado/ Ubicados/ Limpios															
11	Estereotipos	Seleccionados/Ubicados															
Recomendaciones/Observaciones																	
Fecha de Seguimiento:				Responsable:													
Visto Bueno Supervisor							Nombre y Firma Operador										

Figura 40. Lista de chequeo pre-operación para la impresora flexográfica.

### 5.8.2 Tres operaciones detalladas de mantenimiento preventivo

Las tareas de mantenimiento que se consideran más importantes sobre el conjunto de impresión son 3:

1. Cambio de rodamientos en la torreta porta rodillos anilox-plástico.
2. Cambio de rodamiento en la torreta portaclisé y de bujes de rodillo portaclisé.
3. Inspección de rodamientos y bujes.

Estas operaciones 2 mecánicas y una de inspección serán detalladas paso a paso con imágenes CAD del sistema de impresión para facilitar su ejecución, la tercera operación será detallada con criterios para la evaluación de las partes mencionadas.

### 5.8.3 Actividades de mantenimiento programadas

Como se mostró en el apartado 5.6.1 del presente trabajo las actividades de mantenimiento programadas son parte del mantenimiento preventivo y por ende serán parte del manual para la impresora flexográfica.

**El manual de mantenimiento preventivo para la impresora flexográfica se encuentra dentro de los anexos del presente trabajo de grado.**

## 5.9 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACION DE LAS 5S EN FLEXOCUCUTA

Un plan de mantenimiento que incluye la filosofía de las 5s como base de su implementación es el que tiene mejores probabilidades de mejorar las condiciones de la maquinaria y área de producción de la empresa en cuestión, la implementación de las 5s en flexocucuta se basa en 34 actividades (Tabla 19) con duraciones y precedencias determinadas por los autores de este trabajo.

Para determinar un tiempo aproximado de aplicación de la filosofía sobre la empresa se utilizó el diagrama PERT (Figura 41) y se señaló la ruta crítica de las mencionadas actividades, se observó que el proceso de implementación dura aproximadamente 15 días de trabajo de 8 horas, cabe resaltar que esto sería si un empleado se dedica completamente en su horario laboral al desarrollo de las actividades.

Considerando que no es imperativa la contratación de personal para la implementación de la filosofía de las 5s, un empleado se puede dedicar 2 horas diarias al desarrollo de actividades, para así, implementar la filosofía por completo en el transcurso de dos meses.

**Tabla 19. Actividades para la implementación de la filosofía 5S**

N°	ACTIVIDAD	DURACIÓN (Horas)	ACTIVIDADES PRECEDENTES
A	Realizar diagnóstico al área de producción sobre filosofía 5S	18	-
B	Realizar lista de materiales en el área de producción.	4	A
C	Realizar la lista de la maquinaria en el área de producción.	2	A
D	Realizar lista de herramientas en el área de producción.	3	A
E	Realizar la lista de repuestos en el área de producción.	4	A
F	Realizar estudio de diseño de planta dependiendo las condiciones ambientales	6	B
G	Realizar diseño de planta para la maq,herra,equipos y materiales existentes	16	CF
H	Diseñar programa formativo sobre estrategia 5S	50	-
I	Realizar primera charla formativa sobre 5S	2	H
J	Clasificar los materiales en uso y desuso	1	B
K	Elaborar las hojas de seguridad de cada material en uso	24	J
L	Clasificar la maquinaria en uso y desuso	6	CF
M	Elaborar protocolos para calibración de maquinaria en uso	16	L
N	Elaborar protocolos para la operación de maquinaria en uso	24	M
Ñ	Clasificar las herramientas en uso y desuso	8	D
O	Ubicar los materiales en uso	6	J
P	Ubicar los materiales en desuso	4	J
Q	Ubicar la maquinaria en uso	4	L
R	Ubicar las herramientas en desuso	3	Ñ
S	Clasificar repuestos según uso y desuso	4	E
T	Ubicar repuestos según uso y desuso	4	S
U	Elaborar la codificación de la maquinaria en uso y desuso	6	C
V	Codificar la maquinaria en uso	10	U
W	Solicitar cotización de materiales	6	P
X	Comprar materiales requeridos	3	W
Y	Realizar segunda charla formativa sobre estrategia 5S	2	I
Z	Implementar programas de limpieza de la planta y de equipos	32	ST
AA	Implementar programas de calibración de equipos	36	M
AB	Realizar seguimiento de la estrategia implantada	24	Y
AC	Realizar tercera charla formativa de 5S	1	Y
AD	Realizar un segundo diagnóstico al área de producción sobre filosofía 5S	40	AC
AE	Verificar la ubicación estandarizada de la maquinaria	3	Q,N,AA,G,V
AF	Identificar la estandarización de la materia prima	4	J,X,O,K,
AG	verificar la estandarización de las herramientas y repuestos	5	R,T,
AH	Diagnostico final de implementación de las 5s	24	AD,AB,AE,AF,AG

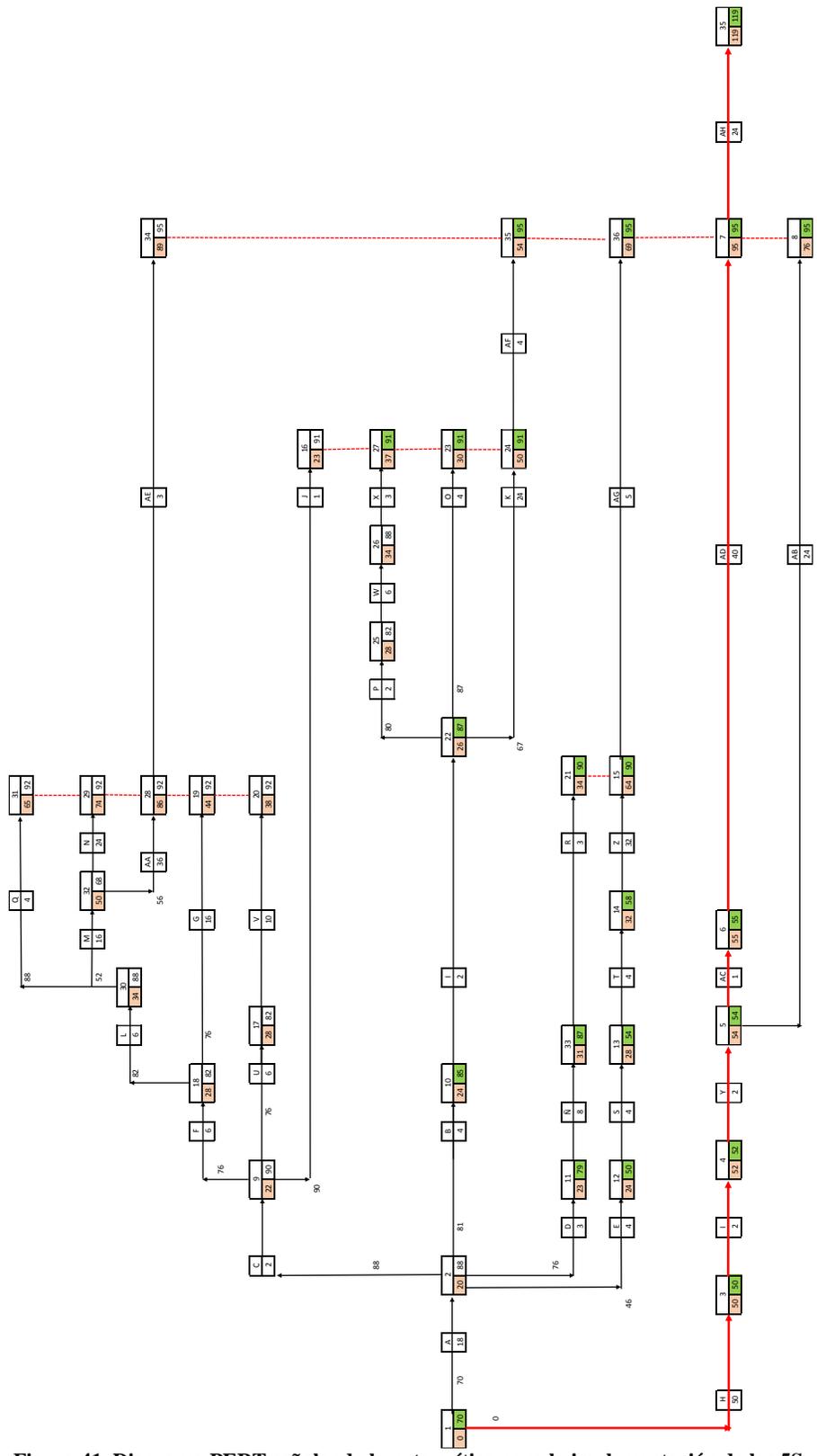


Figura 41. Diagrama PERT señalando la ruta crítica para la implementación de las 5S.

## 6. CONCLUSIONES

La metodología y estrategia de mantenimiento que se manejó en este trabajo de grado permite a las pequeñas empresas como flexocucuta un punto de partida para desarrollar filosofías de mantenimiento preventivo más complejos como el TPM (mantenimiento Productivo total), esta metodología diseñada por los autores deja bases fuertes para la implementación de un plan de mantenimiento más complejo que el correctivo. Los formatos de información, fichas de mantenimiento rutinario, actividades de mantenimiento preventivo entre otros son base fundamental en la implementación de la filosofía TPM y aportan bases sólidas para la consolidación del departamento de mantenimiento en la empresa.

El tamaño actual de la empresa es idónea para implementar el programa de mantenimiento preventivo en la maquinaria, ya que las máquinas en la planta de producción son pocas, esto beneficia en que se puede tener un mayor control de todas las actividades y/o rutinas de mantenimiento planificados en cada uno de ellos.

Las tareas de mantenimiento programadas y preventivas diseñadas y desarrolladas en este trabajo de grado son un modelo de organización viable, pues su implementación es relativamente fácil y demanda pocos recursos en comparación con los beneficios que pueden obtenerse a futuro, principalmente en la reducción de paros no programados.

## 7. RECOMENDACIONES

- Es indispensable que Flexocucuta aplique todas las actividades de mantenimiento establecidas en el plan de mantenimiento para los equipos, ya que la ejecución de estas actividades periódicas garantiza el buen funcionamiento de los mismos.
- Revisar constantemente el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria, a fin de actualizarlo y mejorarlo en los aspectos que sean convenientes para generar resultados más eficaces; esto significa revisar las actividades y rutinas de mantenimiento, sus frecuencias de aplicación y el tiempo de ejecución.
- La capacitación del personal encargado del mantenimiento a las máquinas, debe realizarse en forma periódica, para aumentar la eficiencia en su desempeño, y mantenerlos actualizados en aspectos que se relacionen con el mantenimiento del tipo de maquinaria industrial que se tiene en la planta.
- Utilizar y mantener actualizado todos los formatos de información de los equipos para tener datos históricos de las modificaciones hechas en estos, ya que la información concreta sobre las fallas presentadas en los equipos facilitará la toma de decisiones acertadas para su intervención.
- Involucrar a todos los trabajadores, para que asuman un papel participativo dentro del programa de mantenimiento, a través de la capacitación, difusión del programa y cumplimiento de las normas que se establezcan en la empresa para el desarrollo de las actividades operativas.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- ACIEM Asociación Colombiana de Ingenieros. (2009). *Estudio Estado del arte Mantenimiento en Colombia*. Bogota.
- Alvarez, G. A. (2010). *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmeccanica INDUSTRIAS AVM S.A Bucaramanga*. Bucaramanga: Proyecto de grado Ing Mecanica.
- Atencio, J. L., & Pacheco, E. A. (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa Remaplast*. CARTAGENA DE INDIAS D.T y C.: UNIVERSIDAD DE CARTAGENA.
- Auge, R. (2001). *La imprenta: Nociones técnicas de los procedimientos de impresión, normas tipográficas*. Madrid: Pataninfo.
- Cachaya, E. R. (2008). *Plan de Mantenimiento Preventivo para La Planta de Extrusión e Impresión en Plastilene S.A*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Catú, J. C. (2010). *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria y mejora del sistema de extracción de vapores inflamables, en la empresa Transproductos S.A*. San Jose, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Cerda., J. A. (2012). *Manual de las 5's para las Industrias*. Buenos Aires, Argentina.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1993). *Norma Venezolana de Mantenimiento COVENIN 3049-93*. Caracas, Venezuela: Covenin.
- Consejo de Auditoria Interna General de Gobierno. (2015). *TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE PROCESOS Y LA GESTIÓN DE LA CALIDAD, PARA SU USO EN LA AUDITORÍA INTERNA Y EN LA GESTIÓN DE RIESGOS*. Ministerio Secretaria General de la Presidencia. Santiago: CAIGG.
- Correa, J. A. (2010). *El método DOFA, un método muy utilizado para diagnóstico de vulnerabilidad y planeación estratégica*. Bogota D.C.
- Cura, H. M. (2003). *Las "cinco S": Una filosofía de trabajo, una filosofía de vida*. Buenos Aires, Argentina.
- Curso de Tecnología Grafica Universidad Gutemberg. (24 de Abril de 2014). *www.Wordpress.com*. Recuperado el 3 de Marzo de 2016, de <https://tecnologiagrafica1.wordpress.com/2014/04/24/sistema-de-impresion-offset-2/>
- Empresa Aceroarte. (s.f.). *Empresa Aceroarte*. Recuperado el 3 de Marzo de 2016, de <http://www.aceroarte.com/Torculo40.html>
- Española, R. A. (2014). *Diccionario de la lengua española* (23 ed.). Madrid, España: Luna Libros. Recuperado el 20 de Marzo de 2015
- Figueroa, R. V. (2012). *Conceptos Basicos Sobre Calidad Total*. Mexico DF.
- Fleitman, J. (2010). *Negocios Exitosos*. McGrawHill.
- Industrias Lember S.A. (7 de 9 de 2016). *Ficha tecnica Tintas Flexograficas Poly Serie 20*. Recuperado el 7 de 9 de 2016, de <http://www.lember.com.co/productos/artes-graficas/item/2-serie-20-tintas-poly>

- INFOTEP. (2010). *Manual para la implementacion sostenible de las 5S*. Santo Domingo, Republica Dominicana: Editora de Revistas INFOTEP.
- IngenieriaIndustrialOnline. (11 de Septiembre de 2016). *Ingenieria industrial online*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2016, de ingenieria industrial online: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/las-siete-herramientas-de-la-calidad/>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2009). *Ficha internacional de seguridad química del propan-1-ol*. Madrid, España.
- Jauneau, R. (1998). *Pequeñas Imprentas y Técnicas Modernas*. UNESCO, París.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2010). *Fundamentos de Marketing* (Vol. 8). Pearson.
- Mantenimiento Mundial. (2016). *Mantenimiento Mundial*. Recuperado el 8 de Marzo de 2016, de <http://www.mantenimientomundial.com/>
- Mateus, G. S. (2006). *Estudio de Factibilidad Para la creación de una empresa de producción de materiales Impresos*. Bogotá D.C.
- Mora, L. A. (2009). *MANTENIMIENTO: Planeación, ejecución y control*. Ciudad de Mexico: Alfaomega Grupo editor, S.A de C.V.
- Osorio, Z. G. (2012). *Diagnóstico integral al área de mantenimiento de una empresa del sector servicios en aire acondicionado del Valle de Aburrá*. Medellín: Universidad EAFIT.
- Pérez, D. A., & Arias, J. A. (2013). *Estructuración del mantenimiento productivo total (TPM) como herramienta de mejoramiento continuo en la línea de inyección de aluminio fábrica de motores y ventiladores Siemens S.A*. BOGOTA D.C: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.
- Pulzara, Y. A. (2011). *Diseño e implementación del programa de mantenimiento preventivo para las máquinas sopladora e inyectora-sopladora de la empresa OTORGO LTDA*. Santiago de CALI: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE.
- Rey, S. F. (1996). *Hacia la excelencia en Mantenimiento*. Madrid: TGP Toshin S.L.
- Rey, S. F. (2003). *Mantenimiento Total de la Produccion*. Madrid: Confemetal Fundación.
- Riat, M. (2006). *Técnica Graficas: Una introducción a las técnicas de impresión y su historia*. BURRIANA.
- Sanchez Pérez, D. A., & Lozada Arias, J. A. (2013). *Estructura del mantenimiento productivo total TPM como herramienta de mejoramiento contnuo en la línea de inyección de aluminio fabrica de motores y ventiladores SIEMENS S.A*. Bogota D.C. , Colombia: Universidad Francisco Jose de Caldas.
- Santamaría, V. I. (2005). *Sistema de información para el mantenimiento de la empresa Carlixplast LTDA*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Soto, J. (s.f.). *Blog de Creación Grafica y Produccion editorial*. Recuperado el 3 de Marzo de 2016, de [http://jdsoto-crn.blogspot.com.co/2013\\_10\\_01\\_archive.html](http://jdsoto-crn.blogspot.com.co/2013_10_01_archive.html)
- Soto, O. A. (2014). *Catedra: Diseño de Plantas* Universidad de Pamplona. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Taha, H. A. (2012). *Investigación de Operaciones. Novena Edición*. Mexico: Pearson.

Universidad Tecnica Federico Santa Maria. (9 de Abril de 2014). *Fundamentos de Investigación de Operaciones*. Recuperado el 2016 de 09 de 18, de [https://www.inf.utfsm.cl/~esaez/fio/s1\\_2004/apuntes/pert-2004-1.pdf](https://www.inf.utfsm.cl/~esaez/fio/s1_2004/apuntes/pert-2004-1.pdf)

## **9. ANEXOS**

### **9.1 MANUAL DE MANTENIMIENTO IMPRESORA FLEXOGRAFICA**

El manual de mantenimiento de la impresora flexográfica se encuentra en el PDF adjunto a este trabajo.