

Gestión de mantenimiento para los equipos productivos de la empresa Publicidad & Impresos, usando algunos pilares de la filosofía TPM (Mantenimiento Productivo Total)

Julián David Bermúdez Puentes

Universitaria Agustiniana

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Industrial

Bogotá D.C.

2019

Gestión de mantenimiento para los equipos productivos de la empresa Publicidad & Impresos, usando algunos pilares de la filosofía TPM (Mantenimiento Productivo Total)

Julián David Bermúdez Puentes

Asesor

John Jairo González Bulla

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Universitaria Agustiniana

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Industrial

Bogotá D.C.

2019

Agradecimientos

Agradezco primero que todo a Dios por guiarme, llenarme de sabiduría y darme la fortaleza para afrontar retos y sacar adelante mi carrera de Ingeniería Industrial.

A mis padres por el apoyo incondicional y las críticas constructivas para ser mejor estudiante.

Agradezco a Luis Hernando Arias Marroquín, gerente de la empresa Publicidad & Impresos por su amabilidad y por brindarme el espacio para desarrollar el estudio de averías en los equipos y el análisis del sector productivo.

Al personal de producción por brindarme información importante acerca de los equipos productivos y sus fallas.

A mi asesor, el Ingeniero Jhon Jairo González Bulla, por su amabilidad, apoyo y correcciones durante el desarrollo de este trabajo de grado.

Agradezco también, a los profesores que aportaron ideas y correcciones durante el desarrollo de la investigación.

A la Universitaria Agustiniiana por darme la oportunidad de estudiar Ingeniería Industrial.

Resumen

Este trabajo de grado constituye el desarrollo de un plan de mantenimiento, utilizando algunos pilares de la filosofía TPM (Mantenimiento Productivo Total) para aplicarlo en el sector productivo de la empresa Publicidad & Impresos Hernando Arias. La empresa se dedica principalmente a la fabricación de artículos promocionales para campañas publicitarias de colegios, campañas de ámbito empresarial o de política. Se encuentra ubicada en Bogotá (Colombia), específicamente en el barrio Eduardo Santos. Analizando el área de producción, es notable el bajo cumplimiento en las entregas de pedido debido al desgaste y fallas constantes de los equipos productivos. Para el diseño del plan de mantenimiento, se tendrá en cuenta los datos estadísticos de los tiempos de fallas, número de averías y entregas de pedido. También, se evaluará el desempeño de los equipos con la herramienta OEE. Por otro lado, se usará las herramientas de calidad adecuadas que permitan organizar las causas de fallas en equipos y así tener un mejor orden y control del problema. Finalmente, se hará una propuesta del método 5s que capacita a los operarios para asegurar el orden, limpieza, eliminación de desperdicios y seguridad del área de trabajo, seguido de un plan de mantenimiento planificado y autónomo que contribuye al cuidado de equipos, control de fallas y mejora del rendimiento productivo. Como resultado, la empresa podrá organizar de una mejor manera los tiempos de fabricación, reasignando las tareas en los puestos de trabajo, y ahorrando los recursos disponibles para poder brindar una mejor calidad de los artículos promocionales.

Palabras clave: Mantenimiento, Rendimiento, Producción, Calidad, Seguridad.

Abstract

This degree work constitutes the development of a maintenance plan, using some pillars of the TPM (Total Productive Maintenance) philosophy to apply it in the productive sector of the company “Publicidad & Impresos Hernando Arias”. The company is mainly dedicated to the manufacture of promotional items for advertising campaigns of schools, business or political campaigns. It is located in Bogotá (Colombia), specifically in the Eduardo Santos neighborhood. Analyzing the production area, the low compliance in the order deliveries due to the wear and constant failures of the production equipment is remarkable. For the design of the maintenance plan, the statistical data of fault times, number of failures and order deliveries will be taken into account. Also, the performance of the equipment will be evaluated with the OEE tool. On the other hand, appropriate quality tools will be used to organize the causes of equipment failures and thus have a better order and control of the problem. Finally, a proposal of the 5s method will be made that enables operators to ensure the order, cleanliness, waste disposal and security of the work area, followed by a planned and autonomous maintenance plan that contributes to the care of equipment, fault control and improvement of productive performance. As a result, the company will be able to organize manufacturing times in a better way, reallocating the tasks in the workstations, and saving the resources available to be able to provide a better quality of promotional items.

Keywords: Maintenance, Performance, Production, Quality, Security.

Contenido

Introducción	1
Capítulo 1. Identificación del problema	2
1.1. Antecedentes del problema.....	2
1.1.1. Situación productiva de la empresa Publicidad & Impresos.....	2
1.2. Máquinas del área de producción.....	2
1.2.1. Máquina Litográfica TOK.....	2
1.2.2. Máquina de coser Ultrasonido.....	3
1.2.3. Máquina Argolladora.....	3
1.2.4. Máquina Sublimadora de dos tipos: 3 en 1 y de Bandeja plana.....	4
1.2.5. Máquina Tampográfica.....	5
1.2.6. Máquina Bordadora.....	5
1.3. Artículos Promocionales	6
1.4. Descripción del problema.....	6
1.4.1. Identificación de averías y costo de mantenimiento para cada máquina en 2018.....	7
1.4.2. Análisis y Costos de cada tipo de falla en 2018.....	8
1.5. Formulación del problema.....	11
1.5.1. Sistematización del problema.....	11
Capítulo 2. Justificación	12
Capítulo 3. Objetivos.....	13
3.1. Objetivo General	13
3.2. Objetivos Específicos	13
Capítulo 4. Marco Referencial	14
4.1. Antecedentes de la investigación	14
4.2. Marco Teórico.....	16
4.2.1. Origen del Mantenimiento.....	16
4.2.2. Mantenimiento Industrial.....	17
4.2.3. El concepto TPM.....	18
4.2.4. Tipos de Mantenimiento.....	20
4.2.5. Mantenimiento Planificado (Keikaku Hozen).....	20
4.2.6. Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen).....	21
4.2.7. Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF).....	21
4.2.8. OEE (Efectividad Global de los Equipos).....	23

4.2.9. El Diagrama de Pareto.	23
4.2.10. El Árbol de Problemas.	23
4.2.11. Metodología de las 5s.	24
4.3. Marco Conceptual	25
4.4. Marco legal	26
4.4.1 Marco normativo en materia de salud ocupacional a nivel nacional.	26
4.4.2. Normativas de la industria del Diseño Gráfico.	27
4.4.3. Normas y principios ambientales de Colombia.	27
Capítulo 5. Marco Metodológico	28
5.1. Tipo de investigación	28
5.1.1. Según el objetivo.	28
5.1.2. Según el nivel de profundización en el objeto de estudio.	28
5.1.3. Según el tipo de datos empleados.	28
5.2. Variables de investigación.....	28
5.3. Proceso Metodológico	29
5.4. Método de recolección de datos.....	32
5.5. Estructura de desglose de trabajo	32
Capítulo 6. Cronograma de actividades.....	33
Capítulo 7. Presupuestos.....	34
7.1 Presupuesto de equipo	34
7.2. Presupuesto de servicio técnico	34
7.3. Presupuesto de Visitas.....	34
7.4. Presupuesto de software	35
7.5. Presupuesto general.....	35
Capítulo 8. Resultados de la investigación	36
8.1. Identificación de los tiempos y minutos de averías	36
8.1.1. Número y costo de averías del año 2018.	36
8.1.2. Minutos de averías en el año 2018.	36
8.2. Diagnóstico del desempeño y estado de los equipos	37
8.2.1. Análisis de entregas de pedido y costos por retraso.	37
8.2.2. OEE operativo de los equipos.	37
8.3. Orígenes de las fallas en los equipos productivos.....	50

8.3.1. Herramientas de Calidad.....	50
8.4. Propuesta de la metodología 5s.....	58
8.4.1. Primera S de Clasificación (Seiri).	59
8.4.2. Segunda S de Organización (Seiton).	60
8.4.3. Tercera S de Limpieza (Seiso).	62
8.4.4. Cuarta S de Estandarización (Seiketsu).	62
8.4.5. Quinta S de Disciplina (Shitsuke).	63
8.5. Planteamiento del modelo de mantenimiento autónomo	65
8.5.1. Evaluación de desempeño del operador.....	66
8.5.2. Lecciones de punto (OPL) de cada equipo	66
8.5.3. Señalización con tarjeteo de fallas: Operación, Mantenimiento y Seguridad.....	70
8.5.4. Cronograma para la implementación del plan de mantenimiento autónomo.....	72
8.6. Planteamiento del modelo de mantenimiento programado.....	73
8.6.1. Localización del área de producción.	74
8.6.2. Codificación de equipos productivos.....	74
8.6.3. Codificación de las actividades.	75
8.6.4. Ficha técnica de cada equipo.....	77
8.6.5. Gamas de mantenimiento de las fallas del equipo.....	81
8.6.6. Diseño de las tablas de control.	86
8.7. Indicadores para medir el desempeño de los procesos de mantenimiento	89
8.7.1. Ejemplo de la aplicación de algunos indicadores.....	92
8.8. Análisis del Costo – Beneficio para la Gestión de Mantenimiento	92
Conclusiones	94
Recomendaciones.....	96
Referencias.....	97
Anexos	101

Lista de tablas

Tabla 1. Datos del número de averías en el sector productivo	7
Tabla 2. Tipos de falla de cada equipo	9
Tabla 3. Costos de los tipos de falla en los equipos	10
Tabla 4. Normograma de salud ocupacional a nivel nacional	26
Tabla 5. Normativa de Diseño gráfico y textil en general	27
Tabla 6. Normativa Ambiental.....	27
Tabla 7. Variables de investigación	28
Tabla 8. Proceso metodológico inicial	30
Tabla 9. Proceso metodológico final	31
Tabla 10. Presupuesto de equipo.....	34
Tabla 11. Presupuesto de servicio técnico	34
Tabla 12. Presupuesto de visitas	34
Tabla 13. Presupuesto de software	35
Tabla 14. Presupuesto general.....	35
Tabla 15. OEE Mes De Enero.....	38
Tabla 16. OEE Mes De Febrero	39
Tabla 17. OEE Mes De Marzo.....	40
Tabla 18. OEE Mes De Abril.....	41
Tabla 19. OEE Mes De Mayo	42
Tabla 20. OEE Mes De Junio.....	43
Tabla 21. OEE Mes De Julio	44
Tabla 22. OEE Mes De Agosto.....	45
Tabla 23. OEE Mes De Septiembre	46
Tabla 24. OEE Mes De Octubre.....	47
Tabla 25. OEE Mes De Noviembre.....	48
Tabla 26. OEE Mes De Diciembre.....	49
Tabla 27. Calificación de fallas en un AMEF.....	50
Tabla 28. AMEF de Máquina Litográfica	51
Tabla 29. AMEF de Sublimadora 3 en 1	52
Tabla 30. AMEF de Máquina Bordadora	53
Tabla 31. AMEF de Máquina Tampográfica	54
Tabla 32. AMEF de Máquina de coser Ultrasonido.....	54
Tabla 33. AMEF de Sublimadora Bandeja plana.....	55
Tabla 34. AMEF de Máquina Argolladora	55
Tabla 35. Cronograma de seguimiento para 5s.....	64
Tabla 36. Formato de evaluación del método 5s.....	64
Tabla 37. Indicadores para evaluar el cumplimiento de limpieza, lubricación y ajuste.....	66
Tabla 38. Indicadores de tarjeteo de fallas	72
Tabla 39. Cronograma para implementar el Mantenimiento Autónomo.....	73

Tabla 40. Codificación e identificación de equipos	75
Tabla 41. Actividades de Lubricación	75
Tabla 42. Actividades Eléctricas	75
Tabla 43. Actividades Mecánicas.....	76
Tabla 44. Actividades de Limpieza	76
Tabla 45. Actividades de Medición.....	76
Tabla 46. Tabla Control Especifico de Máquina Tampográfica y Litográfica	86
Tabla 47. Tabla Control General de Máquina Tampográfica y Litográfica	86
Tabla 48. Tabla Control Especifico de Máquina Bordadora	87
Tabla 49. Tabla Control General de Máquina Bordadora	87
Tabla 50. Tabla Control Especifico de Máquina de coser Ultrasonido.....	87
Tabla 51. Tabla Control General de Máquina de coser Ultrasonido	88
Tabla 52. Tabla Control Especifico de Sublimadoras 3 en 1 y Bandeja plana	88
Tabla 53. Tabla Control General de Sublimadoras 3 en 1 y Bandeja plana	88
Tabla 54. Tabla Control Especifico de Máquina Argolladora	89
Tabla 55. Tabla Control General de Máquina Argolladora	89
Tabla 56. Indicadores de mantenimiento y calidad	89
Tabla 57. Indicador 5s	91
Tabla 58. Análisis del Costo para la Gestión de Mantenimiento	93
Tabla 59. Análisis del Beneficio para la Gestión de Mantenimiento	94

Lista de figuras

Figura 1. Máquina Litográfica TOK	2
Figura 2. Máquina de coser Ultrasonido.....	3
Figura 3. Máquina Argolladora.....	3
Figura 4. Máquina Sublimadora 3 en 1	4
Figura 5. Máquina Sublimadora Bandeja plana.....	4
Figura 6. Máquina Tampográfica.....	5
Figura 7. Máquina Bordadora	5
Figura 8. Artículos promocionales	6
Figura 9. Estado de los equipos en el año 2018	8
Figura 10. Tipos de AMEF	22
Figura 11. Diagrama del proceso de mantenimiento programado	25
Figura 12. Estructura de desglose de trabajo	32
Figura 13. Cronograma desarrollo del Trabajo de grado.....	33
Figura 14. Cronograma de investigación de las averías en equipos.....	33
Figura 15. Número y costo de averías	36
Figura 16. Minutos de averías.....	36
Figura 17. Análisis de las entregas de pedido	37
Figura 18. OEE general de máquinas	50
Figura 19. Datos calculados de las causas de falla en equipos	56
Figura 20. Diagrama de Pareto sobre la falla de maquinaria	56
Figura 21. Árbol del problema	57
Figura 22. Árbol de objetivos	57
Figura 23. Diagrama de flujo de clasificación	59
Figura 24. Formato de Tarjeta Roja para objetos innecesarios	60
Figura 25. Localización de elementos	61
Figura 26. Señalizaciones de información.....	61
Figura 27. Estandarización en un área de trabajo.....	63
Figura 28. OPL de Máquina Tampográfica	67
Figura 29. OPL Máquina Litográfica	67
Figura 30. OPL Máquina Bordadora.....	68
Figura 31. OPL Sublimadora 3 en 1	68
Figura 32. OPL Sublimadora bandeja plana	69
Figura 33. OPL Máquina Argolladora.....	69
Figura 34. OPL Máquina de coser Ultrasonido	70
Figura 35. Formato Tarjeta de Operación.....	71
Figura 36. Formato Tarjeta de Mantenimiento	71
Figura 37. Formato Tarjetas de Seguridad.....	72
Figura 38. Localización del área de producción	74
Figura 39. Ejemplo de codificación	74

Figura 40. Ficha técnica de Bordadora.....	77
Figura 41. Ficha técnica de Litográfica	78
Figura 42. Ficha técnica de Ultrasonido	78
Figura 43. Ficha técnica de Tampográfica.....	79
Figura 44. Ficha técnica de Sublimadora 3 en 1	79
Figura 45. Ficha técnica de Sublimadora Bandeja plana.....	80
Figura 46. Ficha técnica de Argolladora.....	80
Figura 47. Lubricación de Máquina Litográfica	81
Figura 48. Actividad eléctrica para la Máquina Litográfica	82
Figura 49. Actividad de limpieza para la Bordadora.....	83
Figura 50. Actividad de ajuste de la Sublimadora 3 en 1	84
Figura 51. Actividad mecánica para Máquina Tampográfica.....	85

Introducción

En la actualidad, cualquier empresa está expuesta a las averías de maquinaria, por eso existe la necesidad de buscar métodos o acciones para reducir todo tipo de fallas. La mayoría de las averías son el resultado del abuso y presión generada en la función de los equipos. Por eso, dentro de una empresa, organización o planta, es muy importante realizar los planes de mantenimiento en los equipos productivos porque permiten garantizar el cuidado de la maquinaria manteniendo su funcionalidad, y a su vez, permiten garantizar la calidad de los productos fabricados. Por otro lado, es importante hablar específicamente del sistema TPM porque es una filosofía que busca la máxima eficiencia en los equipos, en donde los operarios llevan a cabo tareas de producción y mantenimiento de una manera simultánea, es decir, el operario es responsable de su equipo.

La empresa Publicidad & Impresos no cuenta con un plan de mantenimiento especializado, en donde se evidencia un descuido en los equipos por lo que siempre se tienen en cuenta las fallas únicamente cuando éstas ocurren. De ahí sale el uso del mantenimiento correctivo. La idea es diseñar una gestión de mantenimiento preventivo que permita mantener en buen estado los equipos y el rendimiento productivo. Para ello, se tendrá un enfoque en cuatro fases las cuales son: número y costo de averías, minutos de averías de los equipos, revisión de las entregas de pedido y el desempeño de equipos con la herramienta OEE, y la identificación de las causas de falla en equipos por medio de herramientas de calidad tales como AMEF, diagrama de Pareto y árbol de problemas.

Con las cuatro fases se tendrá un control del problema y permitirá desarrollar la gestión de mantenimiento. Se inicia con una propuesta del método 5s que capacita a los operarios para asegurar el orden, limpieza, eliminación de desperdicios y seguridad del área de trabajo. Finalmente se escogen dos pilares TPM: el plan de mantenimiento planificado y autónomo que contribuye al cuidado de equipos, control de fallas y mejora del rendimiento productivo.

Por último, se hará un análisis del costo – beneficio de la gestión de mantenimiento, comparando el antes y después de la empresa Publicidad & Impresos, seguido de unas conclusiones y recomendaciones acerca de los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación de averías y el diseño de la gestión de mantenimiento preventivo.

Capítulo 1. Identificación del problema

1.1. Antecedentes del problema

1.1.1. Situación productiva de la empresa Publicidad & Impresos.

Publicidad & Impresos maneja el arte del diseño gráfico usando en un principio técnicas de dibujo lineal a mano para representar logotipos en superficies. Posteriormente, la empresa fue perfeccionando las técnicas artísticas gracias a los medios digitales, utilizando plataformas como la Apple y programas de IBM para formatos de diseño como lo son Publisher y Adobe Page Maker. Actualmente, se usan programas más avanzados de diseño como el Corel Draw, Photoshop, Indesign e Illustrator, que permiten una mejor representación gráfica de un logotipo determinado. La empresa cuenta con siete empleados en el área de producción, cada uno encargado de supervisar y controlar la respectiva maquinaria. Los horarios laborales dependen de la temporada de producción. Normalmente se trabaja de lunes a viernes desde las 8 a.m. hasta las 5 p.m., pero cuando hay temporadas altas de producción, el horario de trabajo es de lunes a sábado de 6 a.m. a 7 p.m. La investigación estará enfocada en un análisis de la producción, en el año 2018. Es importante hacer una descripción de cada máquina, sus funciones y posibles fallas. Las máquinas que se van a analizar tienen el mismo grado de importancia dentro del área productiva.

1.2. Máquinas del área de producción

1.2.1. Máquina Litográfica TOK.



Figura 1. Máquina Litográfica TOK. Foto tomada por Julián Bermúdez.

Tiene como función la impresión en papeles bond, cartulinas, propalcotes periódicos y papel químico. Se fabrica avisos publicitarios y almanaques principalmente. En el proceso se usa una plancha, la cual sirve como hoja neutra donde se plasma toda la información que se necesita imprimir sobre el papel. Su unidad de medida es el tiraje que va de 500 a 1000 hojas. La máquina cuenta con cuatro planchas y se cataloga como CMYK siendo las iniciales de los colores básicos para la policromía: El cian, magenta, amarillo y negro. Cada plancha con su respectiva tinta.

1.2.2. Máquina de coser Ultrasonido.



Figura 2. Máquina de coser Ultrasonido. Foto tomada por Julián Bermúdez.

Es una máquina que se basa en tres sistemas: Calor, Sonido y Presión. Su función primordial es sellar materiales plásticos y cambre. Un ejemplo de los artículos fabricados son las capas impermeables, las chaquetas motorizadas, sudaderas, uniformes quirúrgicos relacionados con enfermería y bolsas ecológicas en material de cambre.

1.2.3. Máquina Argolladora.



Figura 3. Máquina Argolladora. Foto tomada por Julián Bermúdez.

Esta máquina consta de tres sistemas para elaboración y terminado de agendas o cuadernos. El primer sistema es troquelado, el segundo es el ensamble del argollado de hojas con caratula y el tercer sistema es el cerrado y presión del argollado sobre toda la estructura de la agenda o cuaderno.

1.2.4. Máquina Sublimadora de dos tipos: 3 en 1 y de Bandeja plana.

1.2.4.1. Máquina 3 en 1. Este tipo de máquina tiene como función sublimar esferos, pocillos y gorras.



Figura 4. Máquina Sublimadora 3 en 1. Foto tomada por Julián Bermúdez.

1.2.4.2. Máquina Bandeja plana. Este tipo de máquina tiene como función sublimar camisetas, ponchos y entre otras prendas de tamaño grande.

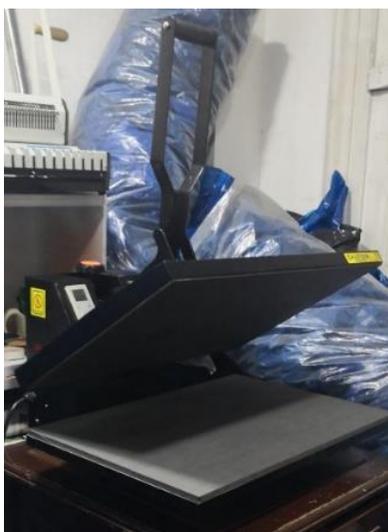


Figura 5. Máquina Sublimadora Bandeja plana. Foto tomada por Julián Bermúdez.

La técnica de la sublimación básicamente consiste en plasmar una imagen fotográfica sobre un soporte (camisetas, tazas, gorras, etc.).

1.2.5. Máquina Tampográfica.

Consiste en un sistema de marcado mediante la transferencia de tinta usando un tampón de silicona o caucho. El tampón desciende recogiendo la tinta que quedó en un huecograbado, para después aplicarla sobre el objeto a estampar.



Figura 6. Máquina Tampográfica. Foto tomada por Julián Bermúdez.

1.2.6. Máquina Bordadora.

Se realiza el bordado de todo tipo de prendas tales como gorras, chaquetas, busos, sudaderas, uniformes colegial y empresarial. El bordado consiste en representar en una prenda o artículo un logotipo en hilo.



Figura 7. Máquina Bordadora. Foto tomada por Julián Bermúdez.

1.3. Artículos Promocionales

Durante el desarrollo de esta investigación, se destacará principalmente la identificación del sector productivo de la empresa “Publicidad & Impresos” ubicada en Bogotá, específicamente el barrio Eduardo Santos. La figura 8 muestra gorras, chalecos, botilitos, agendas y linternas siendo algunos de los artículos promocionales más representativos que fabrica la empresa.



Figura 8. Artículos promocionales. Foto tomada por Julián Bermúdez.

1.4. Descripción del problema

El problema es evidente en el número de averías del año 2018, debido a las fallas constantes de maquinaria. Las causas habituales de estos fallos son por lo general: Error humano del personal de operación y mantenimiento, y alguna falla en el material de la máquina. Alguna de estas causas complica de cierto modo el estudio del fallo. Cabe resaltar que el fallo en el material de la máquina se produce por desgaste de la pieza, y en algunas ocasiones por rotura y fatiga.

Por otro lado, el error humano se presenta cuando no hay una buena capacitación hacia los operarios, cuando hay falta de instrucciones o información sobre la maquinaria, cuando hay un error de interpretación de un indicador durante la operación o cuando hay una actuación incorrecta ante un fallo de la máquina. Es importante reconocer que los factores psicológicos de los operarios también pueden generar la ocurrencia de averías ya que se evidencia una falta de concentración durante la ejecución de una operación.

1.4.1. Identificación de averías y costo de mantenimiento para cada máquina en 2018.

En el año 2018, se identificó un gran número de averías, siendo éste un problema del diario vivir en la empresa, generando costos elevados de mantenimiento.

Tabla 1.

Datos del número de averías en el sector productivo

Máquina	Número de averías en el año 2018	Costos de mantenimiento	Fallas más comunes de la maquina
Máquina Litográfica TOK	55	\$ 7 230 500	Daño en el panel de control, cilindro porta planchas y cilindro de presión.
Máquina Sublimadora 3 en 1	35	\$ 3 685 600	No enciende, falla en la plancha estampadora y el panel de control.
Máquina Argolladora	28	\$ 2 124 300	Falla en la palanca de perforación y cierre de anillo.
Máquina de coser Ultrasonido	40	\$ 4 866 700	No arranca, daño del fusible y el panel de control.
Máquina Sublimadora de bandeja plana	19	\$ 2 952 100	Fallo de fusible térmico y plancha estampadora.
Máquina Tampográfica	24	\$ 3 245 200	Fallo en el regulador de presión y tablero de control. Desnivel en el portaobjetos y el tampo.
Máquina Bordadora	48	\$ 5 681 000	Daño del reciprocador, daño en las agujas, falla eléctrica en el panel de control.
Total de averías	249	Total de costos	\$ 29.785.400

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 1, se muestra la cantidad de averías por equipo, los costos de mantenimiento que se generan y una descripción general de las fallas más comunes del equipo.

1.4.1.1. Gráfico del número de averías para el año 2018. En esta parte se presentará el complemento gráfico de los datos mostrados en la Tabla 1. Haciendo un análisis de esos datos, se tuvo un total de 249 averías para el año 2018. A continuación, en la Figura 9 se puede apreciar de forma clara el comportamiento de las averías. Las fallas en los equipos retrasan la fabricación de

los productos lo cual afecta en el cumplimiento de la entrega de pedidos. Esto se debe a la poca planeación y ejecución de un plan de mantenimiento adecuado.

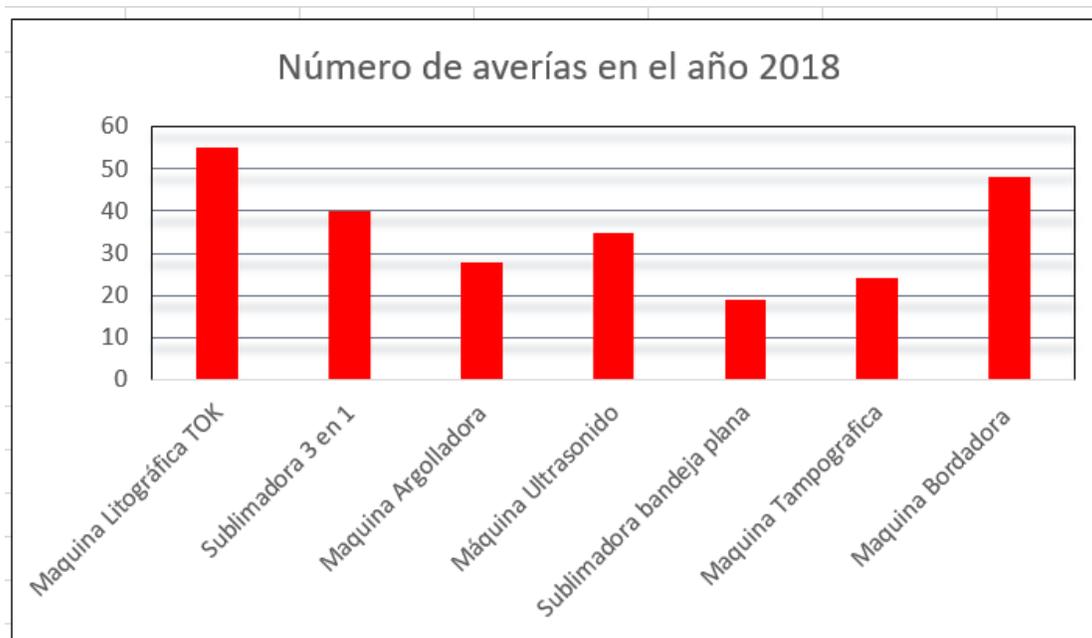


Figura 9. Estado de los equipos en el año 2018. Elaboración propia.

1.4.2. Análisis y Costos de cada tipo de falla en 2018.

A continuación, se va a hacer un complemento de los datos establecidos en la Tabla 1, resaltando los costos que se generan por cada tipo de falla en los equipos. De esta manera se tendrá un mejor conocimiento de cómo ha sido el incremento de los costos de no calidad lo cual afecta la rentabilidad de la empresa.

Es importante reconocer como una simple avería en la máquina puede llevar a altos costos de mantenimiento y como la imprudencia y desconcentración de los operarios puede afectar de igual manera en la producción, incrementándose el número de averías y a su vez incrementándose los costos de mantenimiento. Por tal razón, es necesario tomar acción, reducir costos y fallas para poder mejorar el rendimiento productivo de la empresa Publicidad & Impresos. En la Tabla 2, se muestra la frecuencia acumulada de los tipos de falla en cada equipo productivo. Esto permite conocer detalladamente que tipo de falla es más frecuente. En la Tabla 3, se hace un enfoque en el análisis de los costos que se generan por cada tipo de falla. Teniendo en cuenta la Tabla 3, los tipos de falla más frecuentes son: el desgaste y la fatiga de alguna pieza de la máquina. Por otro lado, el mal armado de equipos (defectos de fábrica) tiene el costo más alto.

Tabla 2.
Tipos de falla de cada equipo

Tipo de falla del equipo	Máquina Litográfica	Máquina Ultrasonido	Máquina Argolladora	Sublimadora 3 en 1	Sublimadora bandeja plana	Máquina Tampográfica	Máquina Bordadora
Fallos eléctricos de un nivel menor	2	2	0	2	0	3	3
Falta de habilidad para la operación	5	3	4	4	2	3	2
Mal armado de equipos	3	4	4	2	1	0	3
Desgaste de piezas de la máquina	11	9	8	7	5	6	8
Factores físicos del operador	5	3	0	2	0	0	2
Fatiga de alguna pieza de la máquina	9	9	6	9	6	8	11
Uso de repuestos nacionales	4	2	0	2	0	0	4
Rotura de alguna pieza de la máquina	5	3	2	3	2	2	7
Mal procedimiento en el correctivo de mantenimiento	3	2	1	2	0	0	2

Factores psicológicos del operador	7	3	3	2	3	1	5
Fallos eléctricos de nivel mayor	1	0	0	0	0	1	1

Nota. Elaboración propia.

Tabla 3.

Costos de los tipos de falla en los equipos

Tipo de falla en los equipos	Costo Unitario	Frecuencia Acumulada	Costo total
Fallos eléctricos de un nivel menor	\$150 500	12	\$ 1 806 000
Falta de habilidad para la operación	\$ 50 000	23	\$ 1 150 000
Mal armado de equipos	\$ 200 000	17	\$ 3 400 000
Desgaste de piezas de la máquina	\$ 100 000	54	\$ 5 400 000
Factores físicos del operador	\$ 20 000	12	\$ 240 000
Fatiga de alguna pieza de la máquina	\$ 100 000	58	\$ 5 800 000
Uso de repuestos nacionales	\$ 80 000	12	\$ 960 000
Rotura de alguna pieza de la máquina	\$ 300 000	24	\$ 7 200 000
Mal procedimiento en el correctivo de mantenimiento	\$ 150 500	10	\$ 1 505 000
Factores psicológicos del operador	\$ 20 600	24	\$ 494 400
Fallos eléctricos de nivel mayor	\$ 610 000	3	\$ 1 830 000
Total			\$ 29 785 400

Nota. Elaboración propia.

1.5. Formulación del problema

Dentro de la empresa Publicidad & Impresos, se puede observar averías constantes en los equipos, esto se debe a un mantenimiento inadecuado y el poco control y revisión del funcionamiento de los equipos.

Esto afecta notablemente el rendimiento productivo y el cumplimiento de metas en cuanto a la entrega de pedidos, eficacia de tiempos de producción y la disminución de costos elevados de no calidad. A partir de esta problemática, surge la siguiente pregunta:

¿De qué manera se puede disminuir el número de averías aplicando la gestión de mantenimiento con el fin de aumentar el rendimiento de los equipos productivos de la empresa Publicidad & Impresos?

1.5.1. Sistematización del problema.

- ¿Cuáles son los principales aspectos que causan las averías dentro del sector productivo?
- ¿Cómo se desarrolla y cuáles son los problemas de las fallas en equipos?
- ¿Qué metodología de mantenimiento permite mitigar los fallos de equipos?
- ¿Cómo se ve afectado el rendimiento productivo por el incremento de fallas en equipos?
- ¿Cómo realizar un análisis detallado de los costos de no calidad?
- ¿Cómo desarrollar la metodología 5s que contribuya al plan de mantenimiento en equipos?
- ¿Cuál es el proceso adecuado para gestionar el Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen) y el Mantenimiento Planificado (Keikaku Hozen) dentro de un área de producción?
- ¿Cómo gestionar los procesos de capacitación y formación para mejorar la capacidad de producción por parte de los operarios?
- ¿De qué manera se puede diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo que beneficie el rendimiento productivo y pueda promover la mitigación de fallas en la empresa?

Capítulo 2. Justificación

La investigación tiene como objetivo principal determinar la situación de la empresa Publicidad & Impresos Hernando Arias en el área de producción. La propuesta va dirigida primordialmente a la mejora de la productividad, haciendo un enfoque en la mejora del rendimiento de cada equipo productivo.

En este caso, para lograr una buena productividad, es necesario gestionar un plan de mantenimiento adecuado para cada equipo lo que permite un aumento del rendimiento productivo y en consecuencia una mejora en las entregas de pedido, brindando una confiabilidad del producto. Por otro lado, siguiendo la normativa del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES), el proyecto de investigación tendrá un enfoque hacia los determinantes de la productividad, determinantes relacionados con el entorno competitivo y los procesos productivos. Esto promueve las modificaciones que se requieren en los procesos productivos para aumentar las posibilidades de que la empresa acceda a los mercados extranjeros. De esta manera se logra un beneficio del crecimiento económico y productivo a largo plazo, y la empresa tendrá una mejor competitividad y mejor reconocimiento.

Finalmente, con la filosofía TPM se pretende capacitar a la empresa para llevarla a las cero averías generando un bajo costo de fallos y mantenimiento. Complementando lo anterior, es importante asegurar que la reducción de costos sea sostenible y la clave es evitar todo tipo de gastos innecesarios y usar una tecnología adecuada, sin alterar la calidad del producto y del servicio.

Capítulo 3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Diseñar la gestión de mantenimiento basada en algunos pilares de la filosofía TPM (Mantenimiento Productivo Total) con el fin de disminuir el número de averías y aumentar el rendimiento productivo de los equipos en la empresa Publicidad & Impresos.

3.2. Objetivos Específicos

- Identificar la cantidad y el tiempo de averías basándose en un control estadístico del problema para tomar el respectivo plan de acción.
- Diagnosticar el desempeño y estado actual de los equipos a partir del OEE y datos recolectados estadísticamente con el fin de priorizar las fallas más frecuentes.
- Detectar los orígenes de las fallas en los equipos productivos con el AMEF y otras herramientas de calidad.
- Diseñar la técnica de gestión 5s que contribuya al plan de mantenimiento programado y autónomo.
- Plantear un modelo de mantenimiento programado y autónomo que permita un aumento del rendimiento productivo de los equipos.
- Generar indicadores TPM que permitan hacer una medición y seguimiento del desempeño en la gestión de mantenimiento y de la Efectividad Global de los Equipos (OEE).
- Evaluar el costo – beneficio del proyecto de investigación para identificar el nivel de rentabilidad.

Capítulo 4. Marco Referencial

4.1. Antecedentes de la investigación

Un primer trabajo corresponde a Ángel y Olaya (2014), con el tema de: “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa agroangel”. En este trabajo se realiza un mantenimiento preventivo con el fin de hallar los problemas a tiempo y así tomar la mejor decisión, para reducir fallas en las actividades de los operarios interactuando con la máquina. Teniendo en cuenta estos parámetros, se implementó un método conocido como programa con frecuencias de calendario, en el cual se pueden realizar cambios o reparaciones de partes, recambios, ajustes y lubricación de la máquina.

La empresa está dedicada a la producción de maquinarias agroindustriales, y presta servicio para la construcción de techos con auto soporte, y esto permite suplir todas las necesidades del campo y de la ciudad. La realización de estos procesos de fabricación se implementa con la meta de generar productos de alta calidad, pero reconocen que para alcanzar ese objetivo se necesita un plan de mantenimiento preventivo, optimizando los procesos de la producción y de esta manera, la empresa será más competitiva.

En un segundo trabajo de Botero, Cañón y Olarte (2010) que se denomina: “Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción”. Este trabajo da a entender la importancia del mantenimiento implementado dentro de una empresa, en donde se deben tener unos estándares altos con base en la calidad. Una de las principales metas de la empresa es ser altamente competitiva, es decir, para poder satisfacer los estándares de calidad, se debe tener un excelente plan de mantenimiento en el cual se puedan conservar las máquinas en el mejor estado posible. Sin embargo, es primordial identificar si tiene un buen funcionamiento el plan de mantenimiento para poder asegurar grandes ganancias a la empresa.

En un tercer trabajo hecho por Montaña (2006) que se refiere al: “Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para máquinas impresoras con base en el proceso productivo de la imprenta nacional de Colombia”. En este trabajo se habla de la evolución de manera significativa de la ciencia y la tecnología en donde se busca mejorar su participación en el mercado mejorando los niveles de producción dentro de la empresa, generando una estabilidad a nivel competitivo, y a su vez, dejando huella dentro del mercado para buscar mejores alternativas de cómo mejorar la

producción de la empresa. Un buen plan de mantenimiento es sinónimo de mantener la mejor calidad en los productos, cumpliendo las metas establecidas.

En un cuarto trabajo hecho por Barreda (2015) que se refiere al “Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (R.C.M.) en la EDAR de Nules-Vilavella”, se habla de realizar el mantenimiento adecuado en cada equipo de la empresa, con el fin de que no ocasione ningún problema. Al realizar el análisis se podrá obtener como resultado, la optimización del plan de mantenimiento, aumentando la fiabilidad y sus costos por instalación.

En un quinto trabajo hecho por Algorta (2006) con el tema de “Análisis de falla de una pieza en una Empresa Automotriz”, se habla de la creación de un nuevo método en el que tiene como principal objetivo analizar la falla de la pieza que se encuentra en un estado defectuoso en donde se observaron costos elevados por la ineficiencia y la falta de claridad con el método que se va a implementar dentro de la empresa.

La implantación del nuevo método se dio gracias a la creación de un grupo de trabajo, que permite determinar de manera clara todas las responsabilidades, creando principalmente un indicador que mida la prioridad de las fallas cumpliendo con las expectativas del cliente.

En un sexto trabajo hecho por Mallofré (2013) con el tema “Tratamiento de las averías en las mercancías transportadas en contenedor Dry Box”, explica las diferentes formas de inspeccionar sobre cómo se puede tener el recipiente donde se va a ingresar el producto, revisando que esté en buenas condiciones y que no tenga ningún tipo de defecto para no perjudicar el producto en sí y poder realizar la entrega en los parámetros estipulados.

En un séptimo trabajo hecho por Galván (2012) con el tema “Análisis de la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mediante el modelo de opciones reales”, se busca implementar nuevos programas de nivel administrativo y a nivel productivo en donde se evidencia el aumento de eficiencia cumpliendo con los requisitos de los consumidores, en donde se les brinda toda la información necesaria, consiguiendo mejores expectativas al adquirir un producto o servicio.

La finalidad del trabajo es dar unos parámetros de productividad, calidad y de servicio con un principal objetivo de bajar los niveles de los costos de manufactura.

En un octavo trabajo hecho por López (2005) con el tema “Disminución de tiempos de paro por fallas de equipo”, se tiene como objetivo las detecciones de las principales causas que generan los paros de la empresa Yacatán S.A. El objetivo primordial fue reducir en un 50% el ítem de paros no programados por las fallas de los equipos, en donde aplicaron una metodología de los siete pasos para la calidad. A la hora de implementar la metodología, se realizó una evaluación detallada de los datos recolectados, incluyendo todos los paros generados. Finalmente, con la información realizaron diagramas de Pareto para la identificación de las causas principales.

En un noveno trabajo hecho por Vera (2011) con el tema “Aplicación de la metodología Análisis Causa Raíz (RCA) para la eliminación de un mal actor en equipos críticos de la SOM-Ecopetrol S.A”, se da a entender el desarrollo de la metodología relacionada con el análisis de falla y causa raíz, con el fin de eliminar el fallo principal de manera cuantitativa. Con un diagrama de Pareto, se pudo identificar el tipo de falla y luego se utilizó la herramienta cualitativa del árbol lógico de fallas, que les facilitó las relaciones de las causas y los efectos, en donde se descubrieron los orígenes que dieron a conocer las fallas.

En un décimo trabajo hecho por Aguiar y Rodríguez (2014) con el tema “Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas no. 3”, se quiere aplicar un mantenimiento, el cual tiene como principal objetivo aumentar la mejora de las máquinas basándose en la confiabilidad de las mismas. En este análisis se recopiló un estudio del funcionamiento de equipos y se observa que, en una de las líneas de producción, se presenta un bajo rendimiento en la disponibilidad. Finalmente, se hizo un análisis de la manipulación de los repuestos, la elección de un mantenimiento adecuado y el tiempo de programación del mantenimiento, identificando ventajas y desventajas.

4.2. Marco Teórico

4.2.1. Origen del Mantenimiento.

A finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, durante la revolución Industrial y con las primeras fabricaciones de máquinas, se implementaron las acciones de reparación empleándose términos importantes en el ámbito mercantil como lo son la competencia y los costos. Por ende, se detallaron factores como las fallas en el cual se producía una gran desventaja porque se paraba la línea de producción. Con la detección de fallas dentro de las máquinas, se empezó a realizar un

estudio estadístico donde se representa las tasas de fallas en donde se estudiaba los motores y equipos aéreos. Con el análisis estadístico se da a entender de que el mantenimiento está relacionado con el desarrollo técnico-industria para identificar la necesidad de reparar las primeras máquinas que se obtenían, ya que, por lo general, la gran mayoría de las fallas ocasionadas por las máquinas se debía al abuso de la máquina al que se sometía a grandes horas de procesamiento sin parar. Por lo que desafortunadamente el mantenimiento se tenía en un segundo plano y únicamente se realizaba el mantenimiento cuando la máquina llegaba a su tope y no funcionaba (s.n., s.f.).

Con la llegada de la primera guerra mundial, las fábricas de aquel tiempo comenzaron a usar un método conocido como “producción en serie” lo cual permitió la fabricación de grandes cantidades de bienes. Ese sistema se dio gracias a Henry Ford siendo uno de los conceptos de productividad más poderosos de la historia. Las fábricas tomaron la decisión de implementar programas de producción por lo cual se tiene como objetivo la creación de una máquina en donde tenga como principal funcionamiento el debido mantenimiento de las máquinas en el sector de producción, en un tiempo muy reducido y que sea eficiente. En ese proceso se conoció el término de mantenimiento correctivo en el que consta de realizar la ejecución de la acción que se tomara para realizar el debido mantenimiento (Nieto, 2009).

El concepto de mantenimiento se entiende como el hecho de elaborar ciertas acciones que permiten conservar o mantener el buen estado de las máquinas en los sectores de producción con el objetivo de que con las buenas decisiones se pueda llevar a cabo el buen funcionamiento de la máquina para que no se interrumpa la productividad de la empresa (s.n., 2019).

4.2.2. Mantenimiento Industrial.

Es importante hablar del mantenimiento Industrial siendo una de las acciones con mayor importancia en los aspectos fundamentales dentro de la industria, en el cual se está evaluando dos aspectos dentro del mantenimiento que son la cantidad y la calidad en el sector de la producción. Sin embargo, se han observado diferentes cambios con el paso del tiempo; en la actualidad, el mantenimiento se ve como una inversión de mejora que ayuda a mantener la calidad en la producción. Se ha observado que el mantenimiento ha tenido transformaciones con el desarrollo tecnológico; en sus primeros inicios el mantenimiento se refería a la realización de actividades correctivas para solucionar fallas. Las actividades de mantenimiento eran realizadas por los operarios de las máquinas (Castillo, 2014).

En la actualidad ya se tiene una mejor referencia cuando se habla del mantenimiento, puesto que se busca el aumento de la producción generando mayores ingresos. Es importante conocer las políticas actuales del mantenimiento las cuales son: correctiva, preventiva y predictiva. Esto permite un acercamiento al concepto TPM (s.n., 2011).

4.2.3. El concepto TPM.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) se conoce como una filosofía que tiene como propósito la completa eliminación de las pérdidas de producción teniendo en cuenta el estado de los equipos utilizados para mantenerlos de la mejor manera y que tengan la disponibilidad total a nivel de producción. Este concepto surgió gracias a la necesidad de poder relacionar el mantenimiento con el sector de productividad para mejorar la producción y la disponibilidad total de las máquinas (García, 2012).

4.2.3.1. Cinco principios fundamentales del TPM. Por ejemplo, García (2012) afirma que:

- Todo el personal debe participar en las actividades de mantenimiento. Dicho personal es constituido desde la alta dirección hasta los operarios de planta.
- Debe generarse una cultura corporativa que va orientada a la obtención de la eficiencia máxima del sistema de producción y gestión de los equipos productivos.
- Debe implementarse un sistema de gestión de las plantas productivas con el fin de facilitar la eliminación del 100% de las pérdidas antes de que se produzcan.
- Se debe agregar actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyadas en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.
- Se aplican sistemas de mantenimiento preventivo como medio que permita alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante gestión de todos los aspectos dentro de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

4.2.3.2. Pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM). En la página Qualitymant, un autor desconocido (s.n., 2017) da a entender los siguientes pilares de mantenimiento:

1. Mejora focalizada: Eliminar las grandes pérdidas del proceso productivo.
2. Mantenimiento autónomo: Hacer que el operario interactúe en la conversación o acción de mejora de la máquina que se esté manejando para que esté completamente capacitado y sepa qué hacer en el caso de que se dé una falla y actúe en el menor tiempo posible.

3. Mantenimiento planeado: Conservar el equipo en un buen estado y que tenga una buena disponibilidad por medio de la realización de actividades que generen mejora continua.
4. Capacitación de los empleados: Generar un buen plan de acción para todo evento de falla que se presente con la meta de que no se genere un inconveniente en el sector productivo.
5. Control inicial: Reducir el desgaste de las maquinas con el fin de que al realizar el mantenimiento para mejorar sus costos y mejorar su proceso productivo.
6. Mejoramiento para la calidad: Tiene como meta principal generar un producto con cero defectos teniendo en cuenta que la máquina no tenga ninguna falla estando en excelentes condiciones generando un producto de muy buena calidad.
7. TPM en los departamentos de apoyo: Se refiere a eliminar pérdidas en los procesos administrativos, aumentando el nivel de eficiencia de las máquinas.
8. Seguridad. Higiene y medio ambiente: Realizar un sistema en cual su función principal sea que permita garantizar un excelente ambiente laboral en donde no se generen ningún tipo de accidentes y ningún tipo de contaminación generando un aumento en la productividad.

4.2.3.3. Ventajas de implementar TPM. Según Salazar (2016), la filosofía del TPM se enfoca en la mejora de la eficiencia de los equipos y las operaciones mediante la reducción de fallas, tiempos de cambio, no conformidades y esto va relacionado con las actividades de limpieza y orden. Complementando lo anterior, los principales objetivos del TPM son:

-Garantizar que las máquinas estén en plenas condiciones para realizar la actividad al ser manipuladas por el operario

- Generar la satisfacción de los requisitos de calidad que se deben tener para las máquinas

-Aumentar de manera significativa la productividad de la empresa

Estos objetivos garantizan la disponibilidad del equipo y las instalaciones con una alta confiabilidad de la misma y con el menor costo posible (Castillo, 2014).

Cabe destacar que los equipos pueden estar sometidos a un desgaste natural y a un desgaste forzoso. Lo anterior, indica que las actividades del TPM buscan la eliminación de factores de desgaste forzoso, aumentando el cuidado del equipo y las instalaciones. También, permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones de los equipos (Salazar, 2016).

4.2.4. Tipos de Mantenimiento.

En la página Aerorental, un autor desconocido (s.n., 2018) afirma lo siguiente:

- **Mantenimiento Correctivo:** Acción instantánea que se hace en el momento que la máquina falla se genera un recambio del repuesto deteriorado o ya en mal estado.
- **Mantenimiento Preventivo:** Acción que se desarrolla antes de que la máquina realice su debido funcionamiento con el fin de que no se genere ninguna avería y la máquina no se vea afectada a nivel de producción.
- **Mantenimiento Predictivo:** Acción que se realiza para poder decir el pronóstico del fallo de un componente dentro de la máquina, con la intención de que tenga su repuesto adecuado basado en una buena ejecución de planeación antes de que ocurra la falla.

En el desarrollo de este trabajo de grado, se hará un enfoque en el mantenimiento preventivo, lo cual permite el mejoramiento incremental y sostenible de los equipos y el sistema productivo en general, con la finalidad de lograr el objetivo de “cero averías”.

4.2.5. Mantenimiento Planificado (Keikaku Hozen).

El mantenimiento planificado, también conocido como mantenimiento programado o preventivo, es el tercer pilar del TPM y su enfoque consiste en priorizar y tomar en cuenta la información histórica necesaria para poder establecer acciones específicas para cada equipo, y así determinar tiempos adecuados de mantenimiento y las debidas acciones preventivas para los equipos con un grado alto de deterioro (Salazar, 2016).

Esto permite definir rutas de mantenimiento con enfoque preventivo teniendo en cuenta la complejidad y el estado crítico de la maquinaria. Una correcta aplicación de las estrategias propuestas del TPM beneficia al mejoramiento de los equipos e instalaciones (Salazar, 2016).

Por último, Salazar (2016) destaca que la aplicación de las estrategias TPM permiten un correcto funcionamiento del mantenimiento planificado, aportando una metodología estratégica de mejora basada en:

- Actividades para prevenir y corregir averías en cada maquinaria y sus instalaciones.
- Eventos Kaizen que van orientados a mejorar las características de las máquinas y mejorar la confiabilidad usando el Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF).
- Eventos Kaizen para mejorar la gestión administrativa y la gestión del mantenimiento.

4.2.6. Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen).

El mantenimiento autónomo se lleva a cabo a partir de la intervención de cada uno de los operarios en el proceso productivo, Consiste en realizar actividades diarias en los equipos, relacionadas con la lubricación, inspección, ajuste, limpieza, análisis de fallas, entre otras cosas. Los operarios deben tener capacitaciones constantes con el fin de tener un dominio en las funciones del equipo y en las instalaciones que lo rodean. Los objetivos del mantenimiento autónomo van relacionados con el cuidado de los equipos y prevención de fallas. Además, permite estudiar cada una de las funciones de los equipos con el fin de desarrollar la habilidad de análisis y solución de problemas. Esto incluye mejorar las funciones y seguridad de la maquinaria (Salazar, 2016).

4.2.7. Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF).

En la página Lean Solutions, un autor desconocido (s.n., 2015) afirma que es un método para identificar problemas y sus posibles efectos en una maquinaria o sistema con el fin de darles prioridad y llevar a cabo planes de supervisión y prevención. Normalmente es usado por empresas manufactureras para verificar los ciclos de vida de un equipo o una instalación. Las causas de los fallos se dan por cualquier defecto o error durante un proceso. El análisis de efectos está relacionado con el estudio de las consecuencias de fallo y a su vez facilita el estudio de averías.

4.2.7.1. Origen del AMEF. Los AMEFs tienen su origen a finales de los años 40, y fue usado por las fuerzas armadas de los Estados Unidos, Más adelante, fue utilizado también en el desarrollo aeroespacial con el fin de evitar fallos en los experimentos y muestras durante la fabricación de cohetes; esto se ve evidenciado en el programa espacial Apolo. El AMEF alcanzó su máximo reconocimiento en los años 60 con los intentos de enviar un hombre a la luna y lograr su retorno a la Tierra (s.n., 2015).

Aunque inicialmente el AMEF fue desarrollado para el ejército, actualmente es utilizado en un gran número de industrias incluyendo la fabricación de semiconductores, software, industria alimentaria y salud (s.n., 2015).

4.2.7.2. Beneficios al implementar AMEF. Cuando se implementa el AMEF en una planta o empresa, se adquieren ciertos beneficios los cuales son: identifica fallas o defectos antes de que estos ocurran, incrementa la confiabilidad de los productos o servicios, documenta los conocimientos de cada proceso e incrementa la satisfacción del cliente. Esto permite mejorar la rentabilidad y rendimiento productivo de la planta (s.n., 2015).

4.2.7.3. Tipos comunes de AMEF. En la página Lean Solutions, un autor desconocido (s.n., 2015) explica que hay tres tipos de AMEF, cada uno está enfocado en un aspecto en particular:

- AMEF de sistema (S-AMEF): Se asegura el nivel de compatibilidad de los componentes del sistema.
- AMEF de diseño (D-AMEF): Se reducen los riesgos por errores o fallos en el diseño.
- AMEF DE PROCESO (P-AMEF): Se hace una revisión de los procesos para encontrar posibles causas de fallo o defecto.



Figura 10. Tipos de AMEF. Lean Solutions. (2015)

Teniendo en cuenta la figura 10, se puede apreciar un diagrama donde se relaciona los tipos de AMEF. Estos aspectos van de la mano y permiten un análisis completo de las fallas en un equipo productivo o una instalación.

4.2.7.4. Pasos para hacer un AMEF. El autor desconocido (s.n., 2015) afirma que el AMEF cuenta con nueve pasos importantes que permiten analizar las causas y efectos de un problema.

- Determinar el proceso que se va a analizar.
- Hacer una lista de las partes del proceso o sistema a analizar.
- Describir la función del componente
- Determinar los posibles modos de falla de cada componente.
- Listar los efectos de cada modo de falla.
- Asignar el grado de severidad (S) de cada efecto.
- Asignar el grado de ocurrencia (O) de cada efecto.
- Asignar el grado de detección (D) de cada efecto.
- Calcular NPR (Número prioritario de riesgo) de cada efecto. $NPR = S \times O \times D$

4.2.8. OEE (Efectividad Global de los Equipos).

Touron (2016) explica que el indicador OEE permite medir la eficacia de la maquinaria industrial, y que se utiliza como una herramienta clave en el enfoque de mejora continua. Sus siglas hacen referencia al término en inglés “Overall Equipment Effectiveness” o en español “Efectividad Global de Equipos”. Esta herramienta parte de la necesidad de poder cuantificar la productividad y eficiencia de los procesos y equipos productivos. El OEE es capaz de indicar, mediante un porcentaje, la eficacia real de cualquier proceso productivo o equipo. Esto es un factor clave, para poder identificar las posibles ineficiencias que se originan durante el proceso de fabricación de un producto.

La correcta implementación de un sistema OEE permite un enfoque hacia la mejora del rendimiento de manufactura. Esto se debe a que se reducen los tiempos en los que las máquinas están paradas, se identifican las causas por las que hay pérdidas de rendimiento (cuellos de botella y velocidades reducidas), y aumenta el índice de calidad del producto, minimizando reprocesos y pérdidas ocasionadas por elaboración de producto defectuoso (Touron, 2016).

4.2.9. El Diagrama de Pareto.

También conocido como curva cerrada o distribución A-B-C, es una gráfica que permite organizar datos de manera descendente y asigna un orden de prioridades. Hernández (2017) afirma que el diagrama facilita el estudio de las fallas en las industrias o empresas. La finalidad de elaborar este diagrama es establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización. Permite evaluar todas las fallas y saber si se pueden resolver o mejor evitarlas. También, el Diagrama de Pareto se puede utilizar en los siguientes casos:

- Para analizar los datos sobre la frecuencia de causas de fallo o problemas en un proceso.
- Cuando se desea analizar muchos problemas o causas de fallos, dando orden de prioridad.
- Cuando se analizan las causas de un problema con enfoque en partes específicas.

4.2.10. El Árbol de Problemas.

También conocido como análisis situacional o método del árbol. Es un diagrama que represente las causas y efectos de un problema en específico. El árbol de problemas tiene la siguiente estructura: en las raíces se encuentra las causas del problema, en el tronco se encuentra el problema principal y en las hojas se encuentra los efectos del problema. Este diagrama desglosa el problema, sus causas y efectos, lo que facilita su análisis y comprensión (Vallés, 2017).

4.2.11. Metodología de las 5s.

Esta técnica japonesa permite que el ambiente de trabajo de cualquier empresa sea más organizado y productivo. Esta metodología está basada en cinco principios: Clasificación (Seiri), Organización (Seiton), Limpieza (Seiso), Estandarización (Seiketsu) y Disciplina (Shitsuke). La ventaja de esta herramienta, es que puede usarse en cualquier ámbito empresarial, no necesariamente tiene que ser una industria o planta (Ingrande, 2017).

4.2.11.1. Seiri. La primera S hace referencia al uso más eficiente de los recursos y materiales. En pocas palabras, se hace una reflexión sobre lo que realmente es necesario. Este análisis facilita la selección de todos los documentos, equipos y herramientas de la empresa, separando y descartando aquello que ya no sirve más. Esto permite optimizar los ambientes físicos, evitando el desperdicio y facilitando la limpieza de los materiales y puestos de trabajo. (Ingrande, 2017).

4.2.11.2. Seiton. La Segunda S consiste en establecer la manera en la que se va a organizar los materiales y objetos necesarios, de tal manera que sea fácil y rápido encontrarlos para su posterior uso. En esta sección, se pretende organizar los puestos de trabajo (Ingrande, 2017).

4.2.11.3. Seiso. La tercera S está enfocada en la limpieza constante del área de trabajo, además de identificar y eliminar toda clase de fuentes de suciedad. También, se debe realizar las acciones necesarias para evitar que vuelva a aparecer (Ingrande, 2017).

4.2.11.4. Seiketsu. La cuarta S consiste en señalar las anomalías que se presentan en el área de trabajo, además de asegurar el cumplimiento del orden y limpieza en todos los medios operativos. Se crean estándares que aseguran la organización y limpieza (Ingrande, 2017).

4.2.11.5. Shitsuke. La quinta S tiene un enfoque en la mejora continua de los procesos, lo que incluye la evaluación constante del cumplimiento del método 5s en la empresa o planta. Si es necesario, se modifican procesos o normativas para alcanzar objetivos (Ingrande, 2017).

Según Cruelles (2015), los beneficios que tiene esta metodología en una empresa o planta es que involucra a todos los empleados y promueve el trabajo en equipo. También, ayuda en la eliminación de todo tipo de materiales innecesarios o desperdicios, reduce los riesgos de accidentes, reduce el estrés de los empleados en el momento de hacer operaciones frustrantes, reduce el tiempo de búsqueda de los materiales de trabajo que se necesitan, mejora la disposición del trabajo y la identificación de los problemas, lo que contribuye a desarrollar nuevos hábitos y tener enfoques en la mejora continua de los procesos de planta o empresa.

4.3. Marco Conceptual

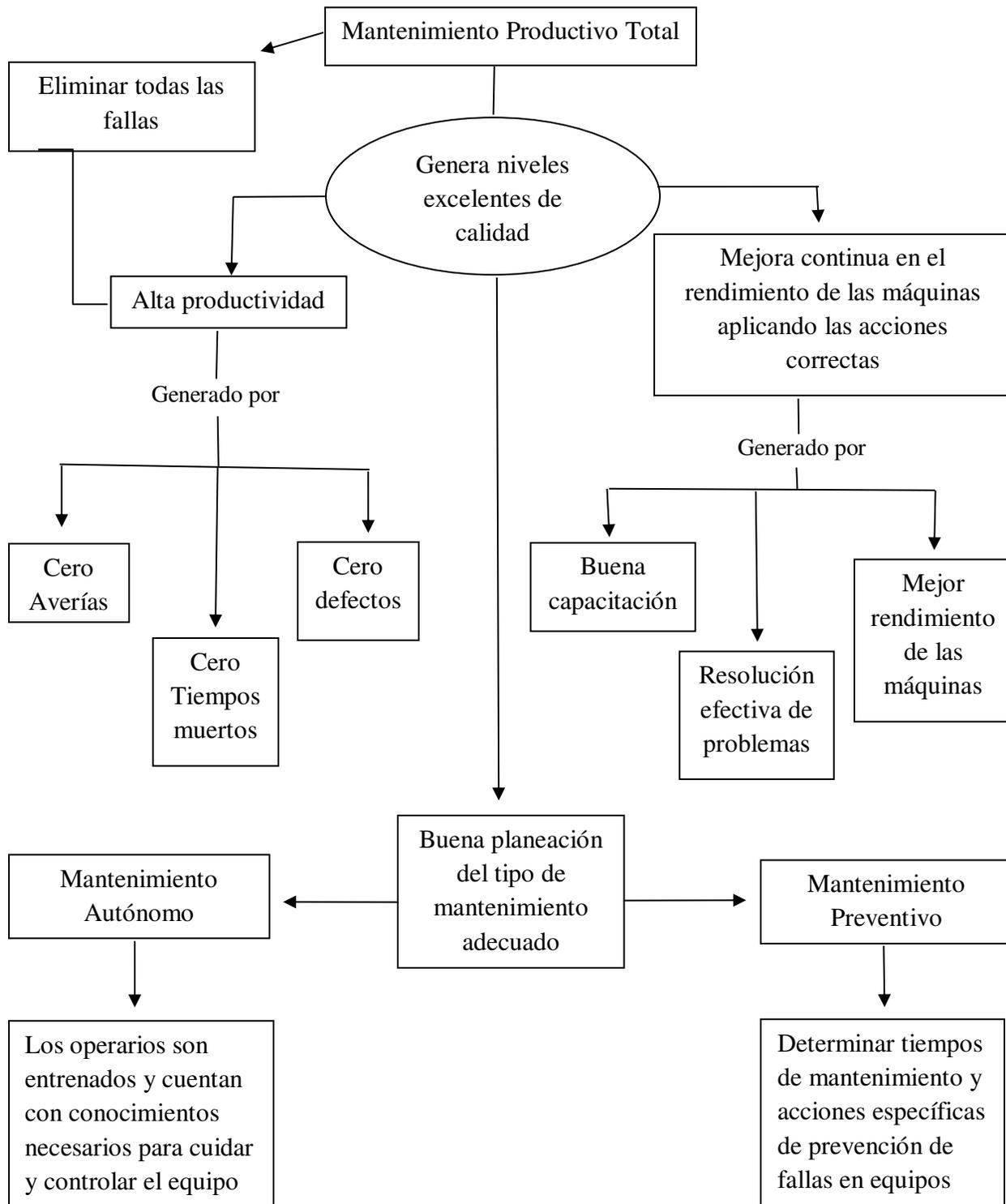


Figura 11. Diagrama del proceso de mantenimiento programado. Elaboración propia.

La figura 11, permite tener una organización de ideas acerca del concepto TPM. Como se dijo anteriormente, esta investigación tendrá un enfoque hacia el mantenimiento planificado y autónomo con el fin de reducir fallas haciendo un análisis previo del funcionamiento del equipo para evitar futuros errores o retrasos en el rendimiento productivo de la empresa.

4.4. Marco legal

4.4.1 Marco normativo en materia de salud ocupacional a nivel nacional.

La protección de la salud en el mundo del trabajo tiene como finalidad convocar a la sociedad en su conjunto, para que, a través de procesos de participación y alianzas estratégicas, se logre las mejores condiciones en sus lugares de trabajo como garantía de un derecho constitucional, calidad de vida y como aporte al proceso de paz (s.n., 2016).

Tabla 4.

Normograma de salud ocupacional a nivel nacional

Jerarquía de la norma	Número	Fecha	Título	Artículos
Decreto	614	14/03/1984	“Determina las bases de organización y administración gubernamental y privada de la Salud Ocupacional en el País”	Todos
Ley	1295	22/06/1994	“Establece las funciones del Consejo Nacional de Riesgos Profesionales”	Todos
Decreto	16	9/01/1997	“Establece las funciones del Comité Nacional de Salud Ocupacional”	Todos
Decreto	205	3/02/2003	“Es función de la Dirección General de Riesgos Profesionales del Ministerio de la Protección Social diseñar las políticas, normas, estrategias, programas y proyectos para el desarrollo del sistema general de riesgos profesionales.”	Todos

Nota. ISOTools (2016).

4.4.2. Normativas de la industria del Diseño Gráfico.

Tabla 5.

Normativa de Diseño gráfico y textil en general

Decisión 486 de 2000 de la Comunidad Andina	Esta decisión contempla, entre otras cosas, los mecanismos de protección de las invenciones industriales, creaciones formales con aplicación industrial y los signos distintivos.
Decisión 351 de 1999	Prevé la protección por medio del Derecho de Autor de obras del ingenio, en el campo literario, artístico o científico, dentro de las cuales se pueden encontrar las obras de arte aplicado como las que provienen del sector de la moda.
Ley 23 de 1982	Promueve la formación de profesionales en Diseño Gráfico en Colombia y su desarrollo profesional.

Nota. DM Propiedad Industrial (2009).

4.4.3. Normas y principios ambientales de Colombia.

Tabla 6.

Normativa Ambiental

Artículo 7 de la Constitución 1991	Hace reconocimiento expreso de la pluralidad étnica y cultural de la Nación y del deber del Estado para con su protección.
Artículo 8 de la Constitución 1991	Establece la obligación del Estado y de las personas para con la conservación de las riquezas naturales y culturales de la Nación.
Artículo 49 de la Constitución 1991	Consagra como servicio público la atención de la salud y el saneamiento ambiental y ordena al Estado la organización, dirección y reglamentación de los mismos.
Artículo 79 de la Constitución 1991	Consagra el derecho de todas las personas residentes en el país de gozar de un ambiente sano.
Artículo 80 de la Constitución 1991	Establece como deber del Estado la planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
Artículo 88 de la Constitución 1991	Consagra acciones populares para la protección de derechos e intereses colectivos sobre el medio ambiente, entre otros, bajo la regulación de la ley.
Artículo 95 de la Constitución 1991	Establece como deber de las personas, la protección de los recursos culturales y naturales del país, y de velar por la conservación de un ambiente sano.
Ley 23 de 1973	Principios fundamentales sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo y otorgó facultades al Presidente de la República para expedir el Código de los Recursos Naturales.

Nota. Foro Nacional Ambiental (1998).

Capítulo 5. Marco Metodológico

5.1. Tipo de investigación

5.1.1. Según el objetivo.

El tipo de investigación es aplicada porque en el proyecto, lo que se busca es el plan de mantenimiento adecuado para solucionar el problema de las averías.

5.1.2. Según el nivel de profundización en el objeto de estudio.

La investigación es exploratoria porque se centra en analizar y buscar los aspectos concretos de la realidad que no han sido analizados en profundidad. También, la investigación es explicativa porque se utiliza con el fin de intentar determinar las causas y consecuencias de las averías. Se busca no solo el qué sino el porqué de las cosas, y cómo han llegado a su estado actual.

5.1.3. Según el tipo de datos empleados.

La investigación es cuantitativa porque consiste en el estudio y análisis de las fallas de equipo a través de diferentes procedimientos basados en la medición. Por lo general, se hace uso de procesos estadísticos y herramientas de calidad, lo que permite un mayor nivel de control de la situación problema dentro de la empresa.

5.2. Variables de investigación

Las variables de investigación planteadas en esta investigación consisten en factores que pueden ser manipulados y medidos. Se hará un enfoque en los indicadores de mantenimiento porque serán de gran ayuda para facilitar la identificación detallada de las fallas de los equipos.

Tabla 7.

Variables de investigación

Dependiente	Independiente
Costo de reparación de los fallos inesperados	Tendencias existentes en los costos de reparación de fallos inesperados
Reducción en el uso de repuestos	Tendencia existente en el uso dado en los repuestos
Porcentaje de reducción de los costos de mantenimiento	Tendencia existente en la reducción de los costos de mantenimiento

Costos de mantenimiento unitario	$\frac{\text{Costos de mantenimiento}}{\text{Volumen de produccion}}$
Porcentaje de los costos de mantenimiento	$\frac{\text{Costo total del mantenimiento}}{\text{Costos totales de produccion}} \times 100$
Reducción en el número de paradas para el mantenimiento de equipos (SMD)	$\frac{\text{SMD previo}}{\text{SMD actual}}$
Porcentaje de la gravedad de fallos	$\frac{\text{Tiempo de paradas debido a fallos}}{\text{Tiempo total del proceso productivo}}$
Costos de paradas debido a fallos	$\text{Tiempo de paradas} \times \text{Costo} / \text{unidad de tiempo}$
Frecuencia de fallos	$\frac{\text{Número total de procesos con fallos}}{\text{Número de procesos}}$
Número de pequeñas paradas y tiempos de inactividad	Tendencia existente en el número de pequeñas paradas y tiempos inactivos

Nota. Juan Morales (s.f.).

A partir de esos indicadores de mantenimiento, lo que se busca es fortalecer el ámbito productivo, reduciendo variables como costos de reparación, costos de parada debido a fallos, frecuencia de fallos, número de paradas y tiempos muertos. En la tabla 7 se muestra las variables dependientes e independientes, las cuales logran medir de forma eficaz el problema de averías.

5.3. Proceso Metodológico

Lo primero que se hizo fue hablar con el gerente y fundador Luis Hernando Arias Marroquín de la empresa Publicidad & Impresos. Lo que se busca es recolectar información importante. Durante la charla, explicó que las averías suelen ser muy constantes en la empresa durante las temporadas altas de producción generando así sobrecostos con tal de cumplir la meta de entrega de pedido. A partir de la información obtenida por el contacto, se hizo una interpretación de cómo puede afectar el nivel de productividad a causa de las averías ya que cada maquinaria tiene el mismo grado de importancia. Para profundizar el análisis de la producción, se hizo un diseño del proceso metodológico inicial y el proceso metodológico final los cuales permiten organizar ideas sobre los pasos que se deben seguir para recolectar información sobre los equipos productivos y sus fallas comunes. En las tablas 8 y 9, se explica con detalle que métodos se van a aplicar para el análisis.

Tabla 8.
Proceso metodológico inicial

Variables	Sistematización	Objetivos específicos	Proceso metodológico	Instrumentos para recolección de información
Costo de reparación de los fallos inesperados	¿Cuáles son los principales aspectos que causan las averías dentro del sector productivo?	Realizar un reconocimiento mediante la metodología de recolección de datos de fallas en el sector productivo	<pre> graph TD Inicio([Inicio]) --> Eleccion[Elección tema de investigación] Eleccion --> Recoleccion[Recolección de datos estadísticos sobre las averías en el sector productivo] Recoleccion --> Determinar[Determinar métodos para análisis de fallas] Determinar --> Escoge{Se escoge el plan TPM adecuado} Escoge -- No --> Determinar Escoge -- Si --> RecoleccionInicial[Recolección de datos inicial] RecoleccionInicial --> Analisis[Análisis inicial] Analisis --> Fin([Fin]) </pre>	Encuestas informales al gerente de la empresa
Tasa de retrasos en la entrega de pedido	¿Cómo se desarrolla y cuáles son los problemas de las fallas en equipos?	Identificar las principales causas de fallas en equipos para desarrollar un plan de mitigación que permita una mejora en el rendimiento productivo		Datos del número de averías en los equipos productivos usando gráficos
Frecuencia de fallos	¿Qué metodología de mantenimiento permite mitigar los fallos de equipos?	Definir los métodos que se van a usar para el análisis detallado de fallas en los equipos		Datos de los minutos de averías en los equipos productivos usando gráficos
Tasa de gravedad de fallos	¿Cómo se ve afectado el rendimiento productivo por el incremento de fallas en equipos?	Evaluar el funcionamiento de los equipos que más están expuestos a fallas e implementar un plan de acción para reducir la ocurrencia de fallas		Datos del cumplimiento de entrega de pedidos en la empresa usando gráficos
Número de pequeñas paradas y tiempos de inactividad				

Nota. Elaboración propia.

Tabla 9.
Proceso metodológico final

Costo de mantenimiento unitario	¿Cómo gestionar los procesos de Formación y Adiestramiento para mejorar la capacidad productiva por parte de los operarios?	Diagnosticar las causas de fallas en equipos a partir de un plan de mantenimiento programado y autónomo que permita mitigar los retrasos en los procesos productivos.	Inicio	Costo unitario de las causas de falla en equipos
Índice de costos de mantenimiento			Elección plan de mantenimiento programado y autónomo	Costo total de las causas de falla en equipos
Reducción en el número de paradas para mantenimiento	¿Cómo realizar un análisis detallado de los costos de no calidad?	Detectar y tener un arreglo efectivo en las fallas de la maquinaria, lo cual va a generar un mejor rendimiento en la producción.	Recolección de datos sobre costos de no calidad, cantidad y tiempos de avería en el sector productivo	Revisión del rendimiento productivo usando la herramienta OEE.
Tasa de reducción de costos de mantenimiento	¿De qué manera se puede diseñar e implementar un plan de mantenimiento programado y autónomo que beneficie el rendimiento productivo y pueda promover la mitigación de fallas en la empresa?	Identificar los tiempos de averías basándose en un control estadístico del problema para tomar la respectiva solución y así mejorar la producción de manera eficaz y eficiente.	Determinar métodos para análisis de fallas	Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)
Costos de paradas debido a fallos			Recolección de datos final	Identificación de causas de falla en equipos con diagrama de Pareto
Reducción en el uso de repuestos		Disminuir los tiempos y los números de averías a partir de un análisis detallado siguiendo la filosofía TPM.	Desarrollo de análisis de las fallas de equipos en el sector productivo	Árbol del problema
			Fin	

Nota. Elaboración propia.

5.4. Método de recolección de datos

Se hizo una encuesta al gerente y fundador de la empresa Publicidad & Impresos. Las preguntas de la encuesta están relacionadas con el área de producción. A partir de esto, se obtuvieron datos importantes como la cantidad de productos fabricados mes a mes, cuáles son las temporadas más altas de producción y como se ve afectada la maquinaria bajo presión, en donde se observó que las averías eran muy notables en temporada alta de producción lo cual afecta los procesos productivos de la empresa, ocasionando grandes incidentes como pérdida de la materia prima, pérdida del repuesto de la máquina y/o reprocesos durante la fabricación del producto.

5.5. Estructura de desglose de trabajo

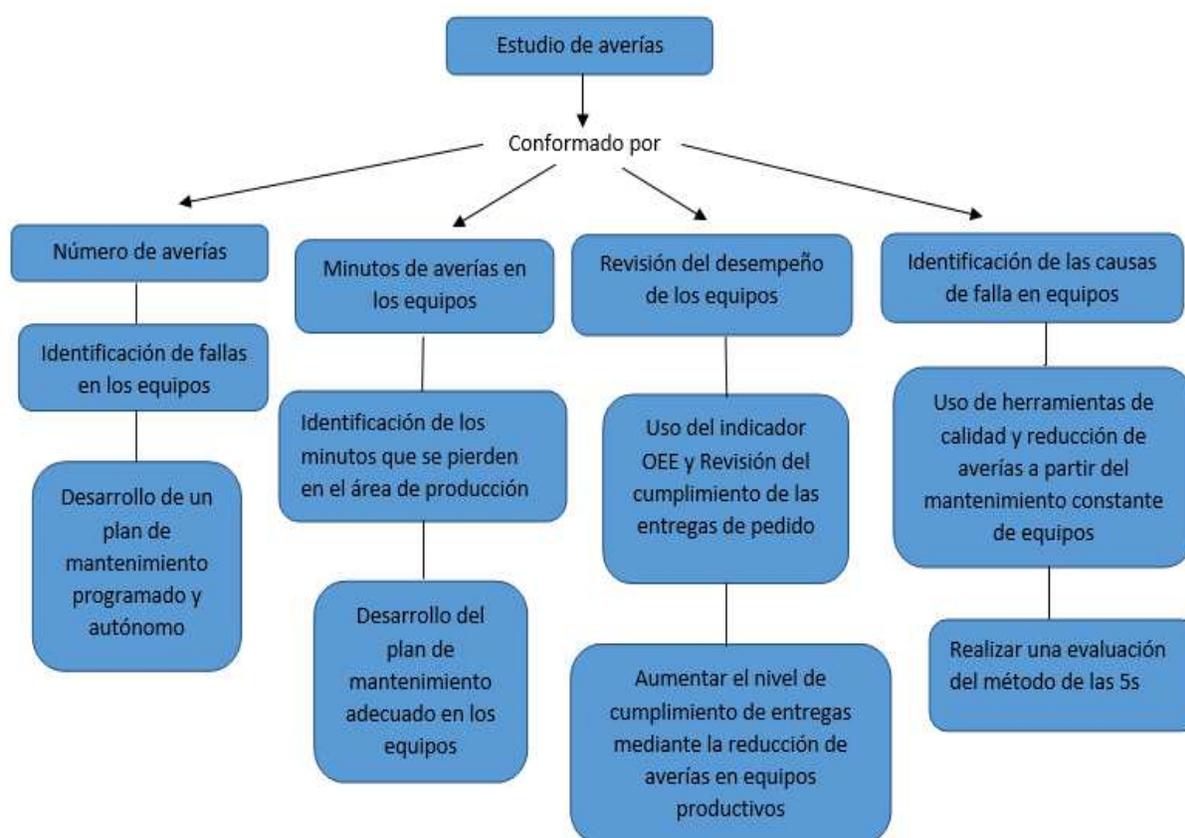


Figura 12. Estructura de desglose de trabajo. Elaboración propia

A partir de una estructura de trabajo, según la figura 12, se especifican 4 fases las cuales son: número de averías, minutos de averías de los equipos, revisión del desempeño de los equipos y la identificación de las causas de falla en equipos. Cada fase está conformada con las actividades requeridas para su correspondiente desarrollo.

Capítulo 6. Cronograma de actividades

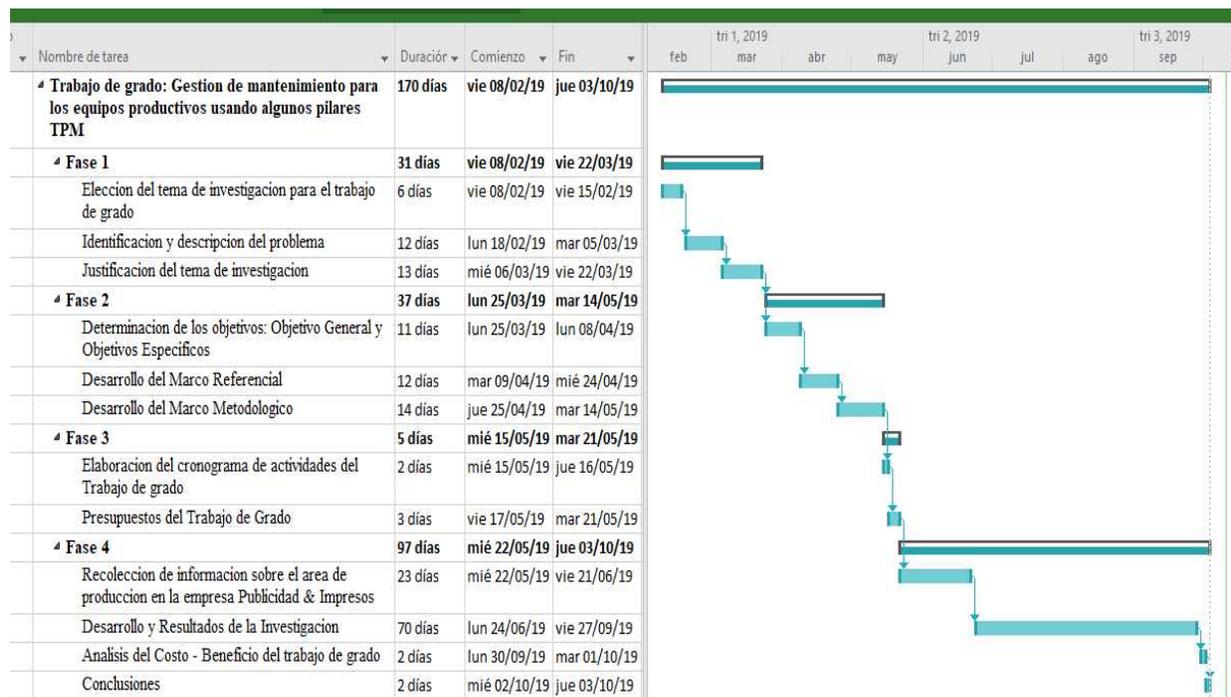


Figura 13. Cronograma desarrollo del Trabajo de grado. Elaboración propia.

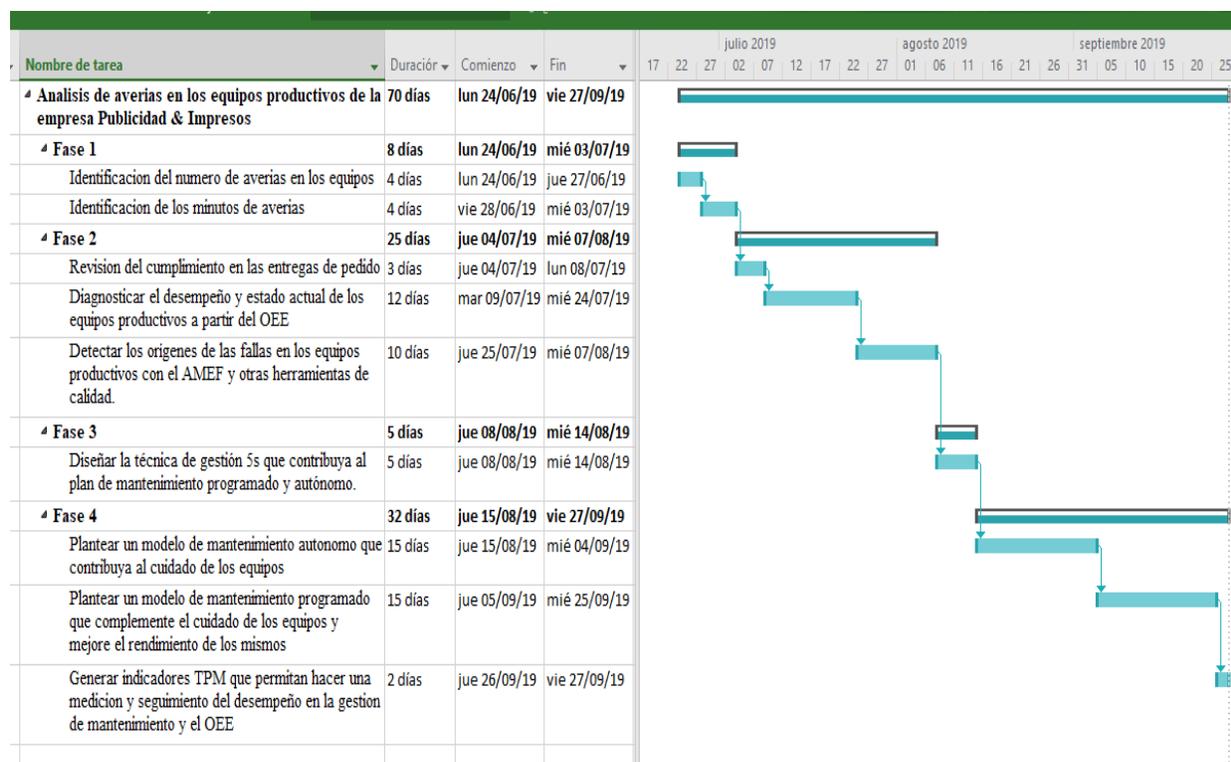


Figura 14. Cronograma de investigación de las averías en equipos. Elaboración propia

Capítulo 7. Presupuestos

7.1 Presupuesto de equipo

Tabla 10.
Presupuesto de equipo

Equipo	Justificación	Valor
PC	Gasto de energía por tiempo invertido en el desarrollo del proyecto	\$ 87 500
Total		\$ 87 500

Nota. Elaboración propia.

7.2. Presupuesto de servicio técnico

Tabla 11.
Presupuesto de servicio técnico

Tipo de servicio	Justificación	Valor
Corrector de estilo y Normas APA	Perfeccionamiento del proyecto de investigación	\$ 324 000
Total		\$ 324 000

Nota. Elaboración propia.

7.3. Presupuesto de Visitas

Tabla 12.
Presupuesto de visitas

Lugar	Cantidad	Costo Unitario	Total
Visitas a la empresa Publicidad & Impresos Hernando Arias	10	\$5.000 por cada visita	\$ 100 000
Total			\$ 100 000

Nota. Elaboración propia.

7.4. Presupuesto de software

Tabla 13.
Presupuesto de software

Software	Justificación	Valor
Software	Programa anti plagio que permite facilitar la detección y prevención de plagio	\$ 122 325
	Total	\$ 122 325

Nota. Elaboración propia.

7.5. Presupuesto general

Tabla 14.
Presupuesto general

Ítem	Total
Equipo	\$ 87 500
Servicio Técnico	\$ 324 000
Visitas a la empresa Publicidad & Impresos Hernando Arias	\$ 100 000
Software	\$ 122 325
Total	\$633 825

Nota. Elaboración propia.

Capítulo 8. Resultados de la investigación

8.1. Identificación de la cantidad y el tiempo de averías

8.1.1. Número y costo de averías del año 2018.

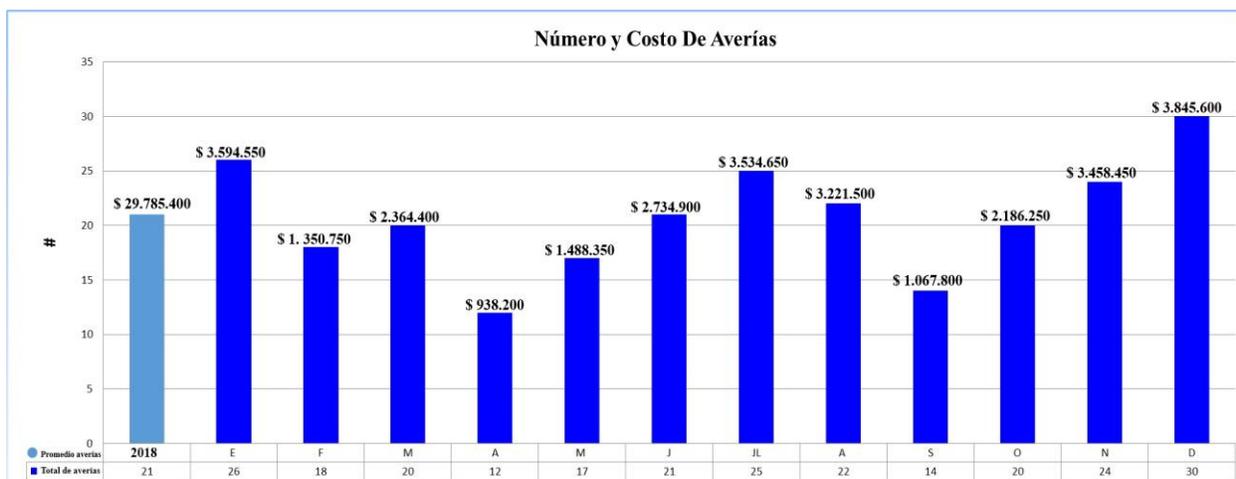


Figura 15. Número y costo de averías. Elaboración propia.

En la figura 15, se muestra el número de averías y los costos elevados del mantenimiento de las máquinas, siendo un problema que se debe identificar, evaluar y solucionar.

8.1.2. Minutos de averías en el año 2018.

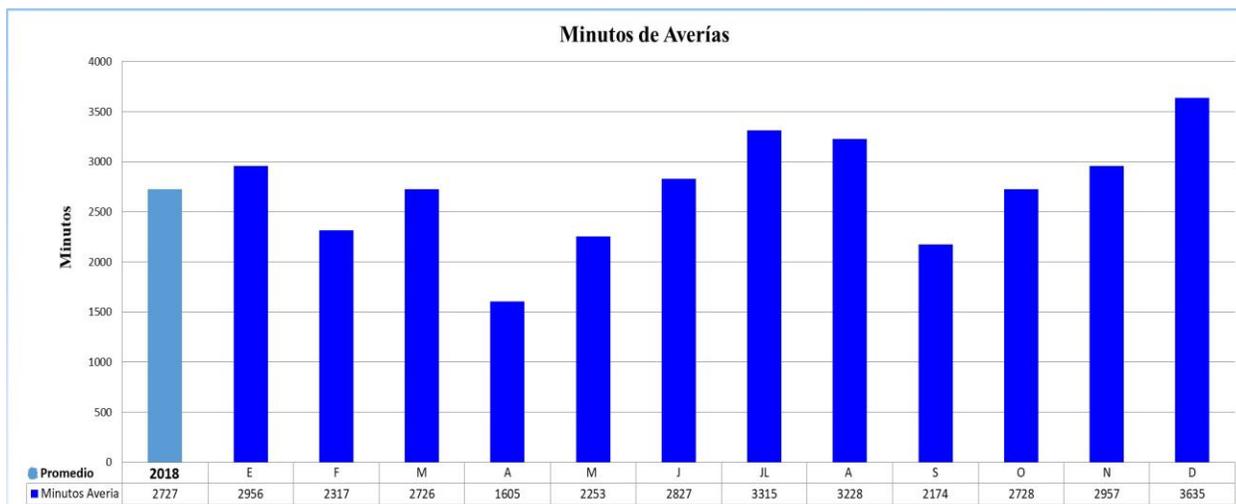


Figura 16. Minutos de averías. Elaboración propia.

En la figura 16, se muestra la duración en minutos de las averías para el año 2018 y un análisis mes a mes. Se observa un incremento drástico en los minutos de avería, ocasionando muchos paros en la máquina, lo cual retrasa la entrega de pedidos. Estos minutos son el resultado de sumar el

tiempo que se demora los mantenimientos correctivos y los tiempos en los que esta inactiva la máquina por daños.

8.2. Diagnóstico del desempeño y estado de los equipos

8.2.1. Análisis de entregas de pedido y costos por retraso.

Para identificar el desempeño de los equipos en el área de producción, se hizo una medición de la efectividad en la entrega de pedidos. La figura 17, muestra cómo ha sido ese desempeño.

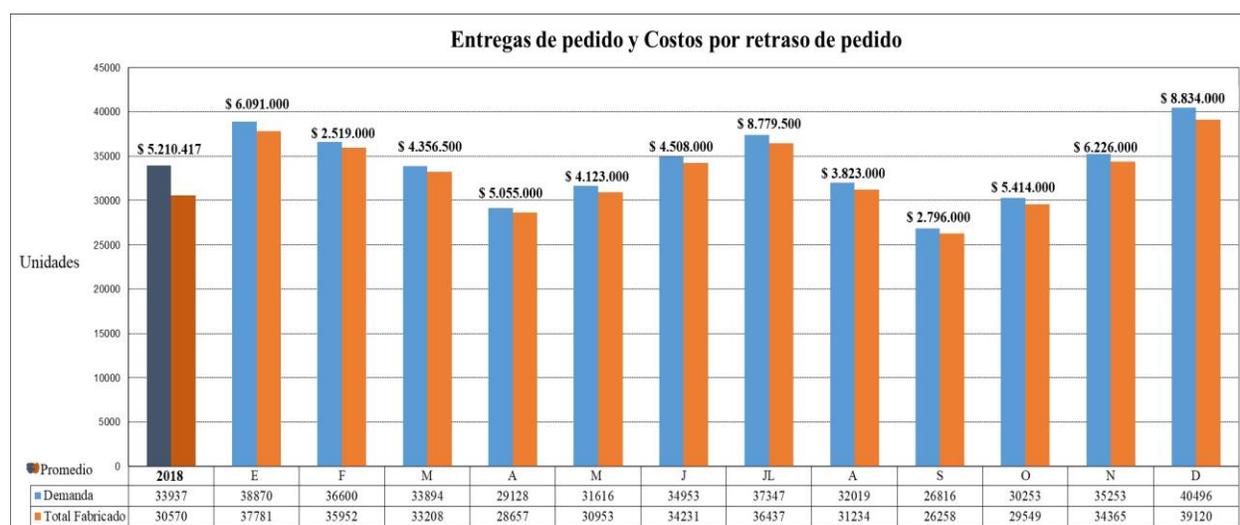


Figura 17. Análisis de las entregas de pedido. Elaboración propia.

En la figura 17, se observa que no se cumplió con la demanda establecida, debido a un mal alistamiento de la máquina o por un defecto en alguna pieza, en donde se obtiene entregas tarde de pedido, generando una mala reputación por parte de la empresa. En general, las entregas de pedido bajaron notablemente, debido al número de averías dentro del área de producción. Los costos que se generan por retrasos de pedido son altos, lo que indica que la empresa por no cumplir con la demanda, está perdiendo dinero. Diciembre fue el mes con más retraso de pedido.

8.2.2. OEE operativo de los equipos.

La empresa Publicidad & Impresos no maneja un análisis detallado sobre el desempeño de los equipos productivos, por eso es importante implementar la herramienta OEE, la cual facilita la determinación y seguimiento del rendimiento productivo de los equipos. A continuación, se presentará el cálculo del indicador OEE para cada equipo productivo con el fin de determinar su disponibilidad, eficiencia y calidad en cada mes del año 2018.

Tabla 15.
OEE Mes De Enero

Tiempo en Minutos	Máquina Litográfica	Máquina Tampográfica	Sublimadora 3 en 1	Sublimadora Bandeja plana	Máquina Ultrasonido	Máquina Argolladora	Máquina Bordadora
Tiempo Disponible	18720	18720	18720	18720	18720	18720	18720
Paradas planificadas	2640	2100	2280	2400	2220	2334	2400
Paradas de almuerzo y descanso	1430	1430	1430	1430	1430	1430	1430
Mantenimientos Correctivos	600	60	240	360	180	294	360
Pausas activas	610	610	610	610	610	610	610
Alistamiento de equipo	960	1010	865	824	1093	725	1068
Alistamiento de material	632	723	636	627	738	568	695
Ajustes y cambio de referencias	328	287	229	197	355	157	373
Paradas no planificadas	552	481	634	624	628	522	640
Inactividad por daño de la máquina	150	47	155	143	94	145	128
Falla de servicio de luz	145	145	145	145	145	145	145
Falta de material	257	289	334	336	389	232	367
Tiempo perdido por operación	735	606	575	520	527	552	682
Tiempo no reportado	325	250	230	240	214	255	287
Toma de muestras de calidad	410	356	345	280	313	297	395
Tiempo de producto no conforme	3560	2780	3220	3456	3785	3720	3931
Disponibilidad	77,82	80,82	79,81	79,44	78,95	80,87	78,06
Eficiencia	94,95	95,99	96,15	96,50	96,43	96,35	95,33
Calidad	74,26	80,86	77,59	75,92	73,44	74,50	71,78
OEE	54,88	62,73	59,54	58,21	55,91	58,05	53,41
OEE Mes De Enero						57,53	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 16.
OEE Mes De Febrero

Tiempo en Minutos	Máquina Litográfica	Máquina Tampográfica	Sublimadora 3 en 1	Sublimadora Bandeja plana	Máquina Ultrasonido	Máquina Argolladora	Máquina Bordadora
Tiempo Disponible	18720	18720	18720	18720	18720	18720	18720
Paradas planificadas	2912	2432	2552	2432	2522	2600	3272
Paradas de almuerzo y descanso	1434	1434	1434	1434	1434	1434	1434
Mantenimientos Correctivos	480	0	120	0	90	168	840
Pausas activas	998	998	998	998	998	998	998
Alistamiento de equipo	990	876	902	775	969	841	1117
Alistamiento de material	647	734	646	638	745	573	702
Ajustes y cambio de referencias	343	142	256	137	224	268	415
Paradas no planificadas	480	325	555	318	529	417	667
Inactividad por daño de la máquina	147	0	134	0	48	112	178
Falla de servicio de luz	87	87	87	87	87	87	87
Falta de material	246	238	334	231	394	218	402
Tiempo perdido por operación	761	646	628	573	600	657	778
Tiempo no reportado	346	267	241	278	256	295	327
Toma de muestras de calidad	415	379	387	295	344	362	451
Tiempo de producto no conforme	3542	2316	3024	2668	3673	3381	4387
Disponibilidad	76,59	80,59	78,58	81,17	78,53	79,39	72,99
Eficiencia	94,69	95,72	95,73	96,23	95,92	95,58	94,31
Calidad	73,91	83,96	78,53	81,75	73,95	76,20	65,96
OEE	53,61	64,77	59,08	63,86	55,70	57,82	45,40
OEE Mes De Febrero						57,18	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 17.
OEE Mes De Marzo

Tiempo en Minutos	Máquina Litográfica	Máquina Tampográfica	Sublimadora 3 en 1	Sublimadora Bandeja plana	Máquina Ultrasonido	Máquina Argolladora	Máquina Bordadora
Tiempo Disponible	18720	18720	18720	18720	18720	18720	18720
Paradas planificadas	3054	2574	2454	2454	2724	2538	3414
Paradas de almuerzo y descanso	1442	1442	1442	1442	1442	1442	1442
Mantenimientos Correctivos	600	120	0	0	270	84	960
Pausas activas	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012
Alistamiento de equipo	1033	887	764	786	981	841	1209
Alistamiento de material	675	723	551	644	732	586	725
Ajustes y cambio de referencias	358	164	213	142	249	255	484
Paradas no planificadas	445	443	390	284	415	339	641
Inactividad por daño de la máquina	163	136	0	0	115	96	182
Falla de servicio de luz	46	46	46	46	46	46	46
Falta de material	236	261	344	238	254	197	413
Tiempo perdido por operación	745	675	638	583	572	684	858
Tiempo no reportado	321	288	245	279	216	312	393
Toma de muestras de calidad	424	387	393	304	356	372	465
Tiempo de producto no conforme	3678	2856	2321	2378	3798	3581	4491
Disponibilidad	75,79	79,15	80,73	81,18	77,99	80,14	71,88
Eficiencia	94,75	95,44	95,78	96,16	96,08	95,44	93,62
Calidad	72,64	79,80	83,96	83,73	72,93	74,99	64,35
OEE	52,16	60,28	64,92	65,36	54,65	57,36	43,31
OEE Mes De Marzo						56,86	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 18.
OEE Mes De Abril

Tiempo en Minutos	Máquina Litográfica	Máquina Tampográfica	Sublimadora 3 en 1	Sublimadora Bandeja plana	Máquina Ultrasonido	Máquina Argolladora	Máquina Bordadora
Tiempo Disponible	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800
Paradas planificadas	2725	2125	2245	2125	2485	2167	2125
Paradas de almuerzo y descanso	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Mantenimientos Correctivos	600	0	120	0	360	42	0
Pausas activas	925	925	925	925	925	925	925
Alistamiento de equipo	794	697	575	596	768	645	792
Alistamiento de material	456	523	351	444	532	386	425
Ajustes y cambio de referencias	338	174	224	152	236	259	367
Paradas no planificadas	265	87	204	103	243	199	98
Inactividad por daño de la máquina	153	0	135	0	117	78	0
Falla de servicio de luz	0	0	0	0	0	0	0
Falta de material	112	87	69	103	126	121	98
Tiempo perdido por operación	205	157	130	132	193	186	230
Tiempo no reportado	134	112	103	98	145	127	167
Toma de muestras de calidad	71	45	27	34	48	59	63
Tiempo de producto no conforme	905	634	510	565	789	823	656
Disponibilidad	64,96	73,06	72,00	73,85	67,63	72,12	72,08
Eficiencia	97,08	98,01	98,33	98,35	97,36	97,61	97,05
Calidad	86,71	91,80	93,33	92,80	88,90	89,18	91,32
OEE	54,69	65,74	66,07	67,40	58,54	62,78	63,88
OEE Mes De Abril						62,73	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 19.
OEE Mes De Mayo

Tiempo en Minutos	Máquina Litográfica	Máquina Tampográfica	Sublimadora 3 en 1	Sublimadora Bandeja plana	Máquina Ultrasonido	Máquina Argolladora	Máquina Bordadora
Tiempo Disponible	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800
Paradas planificadas	2612	2252	2492	2612	2522	2252	2612
Paradas de almuerzo y descanso	1267	1267	1267	1267	1267	1267	1267
Mantenimientos Correctivos	360	0	240	360	270	0	360
Pausas activas	985	985	985	985	985	985	985
Alistamiento de equipo	810	710	591	606	779	633	849
Alistamiento de material	461	525	356	448	537	369	474
Ajustes y cambio de referencias	349	185	235	158	242	264	375
Paradas no planificadas	284	107	226	256	247	104	211
Inactividad por daño de la máquina	155	0	137	143	127	0	101
Falla de servicio de luz	15	15	15	15	15	15	15
Falta de material	114	92	74	98	105	89	95
Tiempo perdido por operación	158	111	168	157	205	158	143
Tiempo no reportado	97	65	110	86	123	84	48
Toma de muestras de calidad	61	46	58	71	82	74	95
Tiempo de producto no conforme	857	615	563	534	730	783	672
Disponibilidad	65,69	71,58	69,36	67,83	67,15	72,32	66,00
Eficiencia	97,77	98,56	97,76	97,86	97,17	97,98	97,99
Calidad	87,64	91,93	92,31	92,55	89,64	89,77	90,38
OEE	56,29	64,86	62,59	61,44	58,49	63,61	58,45
OEE Mes De Mayo						60,82	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 20.
OEE Mes De Junio

Tiempo en Minutos	Máquina Litográfica	Máquina Tampográfica	Sublimadora 3 en 1	Sublimadora Bandeja plana	Máquina Ultrasonido	Máquina Argolladora	Máquina Bordadora
Tiempo Disponible	18720	18720	18720	18720	18720	18720	18720
Paradas planificadas	3330	2490	2490	2580	2940	2616	3090
Paradas de almuerzo y descanso	1454	1454	1454	1454	1454	1454	1454
Mantenimientos Correctivos	840	0	0	90	450	126	600
Pausas activas	1036	1036	1036	1036	1036	1036	1036
Alistamiento de equipo	1087	796	880	802	990	740	1212
Alistamiento de material	723	625	657	679	734	592	728
Ajustes y cambio de referencias	364	171	223	123	256	148	484
Paradas no planificadas	424	228	236	350	432	333	524
Inactividad por daño de la máquina	167	0	0	134	148	83	189
Falla de servicio de luz	12	12	12	12	12	12	12
Falta de material	245	216	224	204	272	238	323
Tiempo perdido por operación	742	640	653	704	572	658	869
Tiempo no reportado	327	264	221	282	227	341	403
Toma de muestras de calidad	415	376	432	422	345	317	466
Tiempo de producto no conforme	3749	2934	2543	2432	3658	3412	4867
Disponibilidad	74,14	81,23	80,74	80,06	76,70	80,29	74,22
Eficiencia	94,65	95,79	95,68	95,30	96,02	95,62	93,75
Calidad	71,46	79,86	82,41	82,97	73,47	76,26	62,63
OEE	50,15	62,14	63,66	63,31	54,10	58,55	43,58
OEE Mes De Junio						56,50	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 21.
OEE Mes De Julio

Tiempo en Minutos	Máquina Litográfica	Máquina Tampográfica	Sublimadora 3 en 1	Sublimadora Bandeja plana	Máquina Ultrasonido	Máquina Argolladora	Máquina Bordadora
Tiempo Disponible	18720	18720	18720	18720	18720	18720	18720
Paradas planificadas	2744	2624	2684	2774	3134	2588	3224
Paradas de almuerzo y descanso	1457	1457	1457	1457	1457	1457	1457
Mantenimientos Correctivos	240	120	180	270	630	84	720
Pausas activas	1047	1047	1047	1047	1047	1047	1047
Alistamiento de equipo	1098	814	891	814	997	710	1231
Alistamiento de material	727	632	655	686	731	556	734
Ajustes y cambio de referencias	371	182	236	128	266	154	497
Paradas no planificadas	449	410	381	403	444	407	560
Inactividad por daño de la máquina	172	145	131	147	168	115	193
Falla de servicio de luz	24	24	24	24	24	24	24
Falta de material	253	241	226	232	252	268	343
Tiempo perdido por operación	860	752	723	759	773	744	985
Tiempo no reportado	333	276	235	297	254	312	432
Toma de muestras de calidad	527	476	488	462	519	432	553
Tiempo de producto no conforme	3810	3013	2654	2543	3754	3527	4567
Disponibilidad	77,08	79,44	78,87	78,68	75,56	80,21	73,21
Eficiencia	94,04	94,94	95,10	94,85	94,54	95,04	92,81
Calidad	71,92	78,66	81,10	81,80	71,93	75,29	64,10
OEE	52,13	59,33	60,83	61,04	51,38	57,39	43,55
OEE Mes De Julio						55,09	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 22.
OEE Mes De Agosto

Tiempo en Minutos	Máquina Litográfica	Máquina Tampográfica	Sublimadora 3 en 1	Sublimadora Bandeja plana	Máquina Ultrasonido	Máquina Argolladora	Máquina Bordadora
Tiempo Disponible	18720	18720	18720	18720	18720	18720	18720
Paradas planificadas	3356	2756	2516	2696	2696	2558	3236
Paradas de almuerzo y descanso	1464	1464	1464	1464	1464	1464	1464
Mantenimientos Correctivos	840	240	0	180	180	42	720
Pausas activas	1052	1052	1052	1052	1052	1052	1052
Alistamiento de equipo	1113	830	802	853	1026	728	1261
Alistamiento de material	734	643	657	692	748	564	749
Ajustes y cambio de referencias	379	187	145	161	278	164	512
Paradas no planificadas	495	454	277	459	502	468	616
Inactividad por daño de la máquina	182	156	0	162	176	134	216
Falla de servicio de luz	32	32	32	32	32	32	32
Falta de material	281	266	245	265	294	302	368
Tiempo perdido por operación	878	836	821	812	833	862	1028
Tiempo no reportado	341	288	254	301	275	326	447
Toma de muestras de calidad	537	548	567	511	558	536	581
Tiempo de producto no conforme	4015	3653	2346	2765	3957	3629	4328
Disponibilidad	73,48	78,42	80,80	78,59	77,44	79,95	72,69
Eficiencia	93,62	94,31	94,57	94,48	94,25	94,24	92,45
Calidad	68,82	73,61	83,60	80,11	71,04	74,27	65,59
OEE	47,35	54,44	63,88	59,48	51,85	55,96	44,08
OEE Mes De Agosto						53,86	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 23.
OEE Mes De Septiembre

Tiempo en Minutos	Máquina Litográfica	Máquina Tampográfica	Sublimadora 3 en 1	Sublimadora Bandeja plana	Máquina Ultrasonido	Máquina Argolladora	Máquina Bordadora
Tiempo Disponible	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800
Paradas planificadas	2974	2614	2674	2494	2764	2578	2494
Paradas de almuerzo y descanso	1382	1382	1382	1382	1382	1382	1382
Mantenimientos Correctivos	480	120	180	0	270	84	0
Pausas activas	1112	1112	1112	1112	1112	1112	1112
Alistamiento de equipo	890	812	743	754	864	738	853
Alistamiento de material	503	516	468	471	545	416	489
Ajustes y cambio de referencias	387	296	275	283	319	322	364
Paradas no planificadas	438	400	411	156	418	388	245
Inactividad por daño de la máquina	246	215	208	0	197	174	0
Falla de servicio de luz	0	0	0	0	0	0	0
Falta de material	192	185	203	156	221	214	245
Tiempo perdido por operación	173	144	185	147	216	161	161
Tiempo no reportado	112	98	127	76	134	87	66
Toma de muestras de calidad	61	46	58	71	82	74	95
Tiempo de producto no conforme	735	663	701	617	648	624	752
Disponibilidad	60,17	64,57	64,56	68,48	62,54	65,70	66,74
Eficiencia	97,34	97,94	97,35	98,01	96,80	97,73	97,77
Calidad	88,38	90,29	89,67	91,49	90,09	91,00	89,33
OEE	51,76	57,10	56,35	61,41	54,54	58,44	58,29
OEE Mes De Septiembre						56,84	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 24.
OEE Mes De Octubre

Tiempo en Minutos	Máquina Litográfica	Máquina Tampográfica	Sublimadora 3 en 1	Sublimadora Bandeja plana	Máquina Ultrasonido	Máquina Argolladora	Máquina Bordadora
Tiempo Disponible	18720	18720	18720	18720	18720	18720	18720
Paradas planificadas	2810	2630	2750	2450	2540	2576	3050
Paradas de almuerzo y descanso	1472	1472	1472	1472	1472	1472	1472
Mantenimientos Correctivos	360	180	300	0	90	126	600
Pausas activas	978	978	978	978	978	978	978
Alistamiento de equipo	1175	1045	952	812	1079	1042	1223
Alistamiento de material	794	731	685	610	776	753	811
Ajustes y cambio de referencias	381	314	267	202	303	289	412
Paradas no planificadas	508	455	464	228	481	440	537
Inactividad por daño de la máquina	194	163	187	0	172	155	201
Falla de servicio de luz	21	21	21	21	21	21	21
Falta de material	293	271	256	207	288	264	315
Tiempo perdido por operación	989	938	888	895	840	887	961
Tiempo no reportado	355	283	241	312	239	324	349
Toma de muestras de calidad	634	655	647	583	601	563	612
Tiempo de producto no conforme	4126	3743	4323	2245	2431	3629	4759
Disponibilidad	76,00	77,94	77,75	81,36	78,10	78,32	74,31
Eficiencia	93,05	93,57	93,90	94,12	94,25	93,95	93,09
Calidad	68,83	72,58	68,37	84,34	82,36	73,66	63,25
OEE	48,68	52,93	49,91	64,58	60,63	54,20	43,75
OEE Mes De Octubre						53,52	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 25.
OEE Mes De Noviembre

Tiempo en Minutos	Máquina Litográfica	Máquina Tampográfica	Sublimadora 3 en 1	Sublimadora Bandeja plana	Máquina Ultrasonido	Máquina Argolladora	Máquina Bordadora
Tiempo Disponible	18720	18720	18720	18720	18720	18720	18720
Paradas planificadas	3068	2708	2948	2648	2738	2468	2708
Paradas de almuerzo y descanso	1483	1483	1483	1483	1483	1483	1483
Mantenimientos Correctivos	600	240	480	180	270	0	240
Pausas activas	985	985	985	985	985	985	985
Alistamiento de equipo	1190	1239	1197	1170	1246	1025	1175
Alistamiento de material	815	827	794	781	823	710	807
Ajustes y cambio de referencias	375	412	403	389	423	315	368
Paradas no planificadas	562	487	525	472	492	297	459
Inactividad por daño de la máquina	187	156	165	152	149	0	138
Falla de servicio de luz	44	44	44	44	44	44	44
Falta de material	331	287	316	276	299	253	277
Tiempo perdido por operación	1123	1020	1003	988	983	826	1050
Tiempo no reportado	367	312	288	301	259	214	327
Toma de muestras de calidad	756	708	715	687	724	612	723
Tiempo de producto no conforme	4068	3783	3459	3264	3352	3141	3864
Disponibilidad	74,25	76,31	75,05	77,08	76,09	79,75	76,81
Eficiencia	91,92	92,86	92,86	93,15	93,10	94,47	92,70
Calidad	68,16	71,48	73,49	75,72	74,72	77,73	71,01
OEE	46,52	50,66	51,22	54,37	52,93	58,56	50,56
OEE Mes De Noviembre						52,12	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 26.
OEE Mes De Diciembre

Tiempo en Minutos	Máquina Litográfica	Máquina Tampográfica	Sublimadora 3 en 1	Sublimadora Bandeja plana	Máquina Ultrasonido	Máquina Argolladora	Máquina Bordadora
Tiempo Disponible	18720	18720	18720	18720	18720	18720	18720
Paradas planificadas	3070	2830	2710	2740	3010	2596	2830
Paradas de almuerzo y descanso	1478	1478	1478	1478	1478	1478	1478
Mantenimientos Correctivos	600	360	240	270	540	126	360
Pausas activas	992	992	992	992	992	992	992
Alistamiento de equipo	1208	1167	1125	1132	1154	1032	1147
Alistamiento de material	807	815	786	784	820	734	801
Ajustes y cambio de referencias	401	352	339	348	334	298	346
Paradas no planificadas	612	484	513	511	553	512	530
Inactividad por daño de la máquina	168	151	147	154	161	173	185
Falla de servicio de luz	18	18	18	18	18	18	18
Falta de material	426	315	348	339	374	321	327
Tiempo perdido por operación	1150	1097	1049	987	1000	894	1146
Tiempo no reportado	327	285	304	263	214	205	339
Toma de muestras de calidad	823	812	745	724	786	689	807
Tiempo de producto no conforme	3799	3671	3445	3258	3626	3467	3874
Disponibilidad	73,88	76,06	76,77	76,59	74,80	77,88	75,92
Eficiencia	91,68	92,30	92,70	93,12	92,86	93,87	91,94
Calidad	70,04	72,07	74,14	75,60	72,11	74,67	70,35
OEE	47,44	50,59	52,77	53,91	50,09	54,59	49,11
OEE Mes De Diciembre						51,21	

Nota. Elaboración propia.

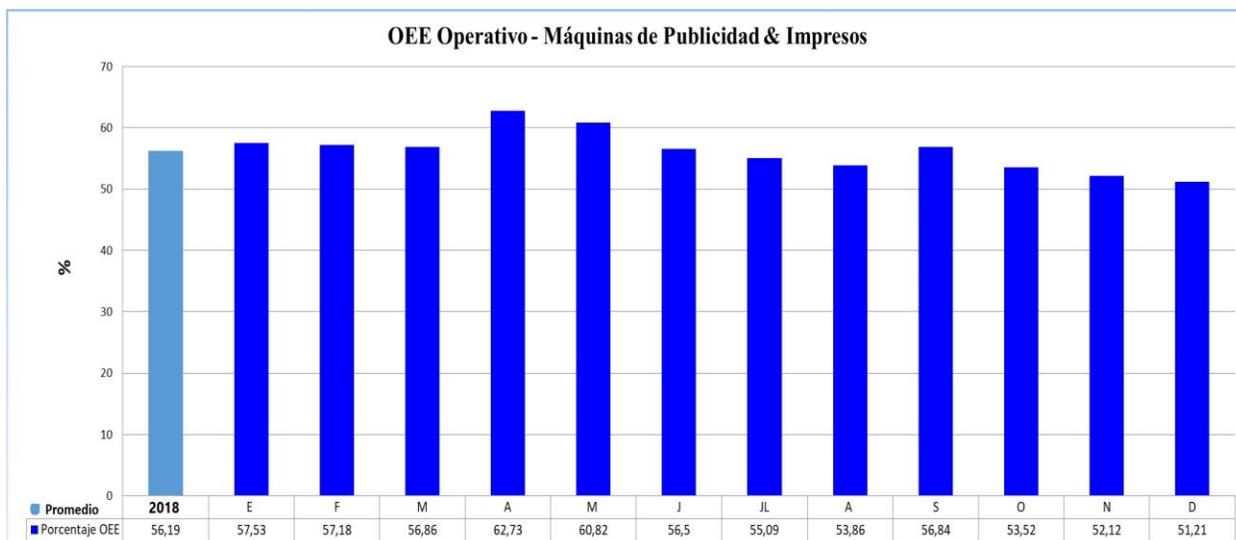


Figura 18. OEE general de máquinas. Elaboración propia.

En la figura 18, se presenta gráficamente el porcentaje OEE de los equipos productivos para cada mes en el año 2018. En diciembre, el desempeño de los equipos fue el más bajo.

8.3. Orígenes de las fallas en los equipos productivos

8.3.1. Herramientas de Calidad.

En un proceso de mejora, se debe contar con diversas herramientas las cuales permiten medir, comparar, estructurar y analizar el rendimiento y eficacia de una empresa.

8.3.1.1. AMEF de los equipos productivos. El Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) permite identificar las fallas de cada equipo para evaluar su desempeño en el área de producción.

Tabla 27.

Calificación de fallas en un AMEF

Calificación De Las Fallas		
Grado de Severidad (S)	Escala de 1 a 10	1 es una consecuencia sin efecto y 10 indica una consecuencia grave.
Grado de Ocurrencia (O)	Escala de 1 a 10	1 es menor ocurrencia y 10 es mayor ocurrencia
Grado de Detección (D)	Escala de 1 a 10	1 es casi seguro y 10 es casi imposible
Calculo de NPR	$NPR = S \times O \times D$	Número prioritario de Riesgo

Nota. Elaboración propia.

Tabla 28.
AMEF de Máquina Litográfica

Función o Componente del Servicio	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR inicial	Acciones recomendadas	Responsable	Acción Tomada	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR final
Máquina Litográfica	Falla en el cilindro porta planchas	No puede ser utilizado.	Por una falla eléctrica o un desgaste	Apariencia física. Daño visible.	10	5	1	50	Ajustar el cilindro	Personal de mantenimiento	Ajuste del cilindro	6	3	1	18
	Daño en el panel de control	No puede ser utilizado.	Desgaste. Mal uso.	No se puede controlar la función del equipo	8	4	2	64	Revisar conexiones eléctricas internas	Personal de mantenimiento	Revisión de conexión eléctrica	6	2	2	24
	Falla en los rodillos entintadores	No puede ser utilizado.	Falla del material. Desgaste del equipo.	Molestia al usarlo.	10	3	1	30	Cambio de los rodillos. Hacer limpieza del rodillo	Personal de mantenimiento	Hacer limpieza	6	2	1	18
	Daño del motor	No puede ser utilizado.	Sobre carga y falta de lubricación	Golpetea, vibra y rechina	8	6	2	96	Revisar niveles de aceite. Realizar mantenimiento.	Fabricadores	Lubricar el motor	4	4	2	32
	Falla en el cilindro de presión	No puede ser utilizado.	Se sobre calienta el equipo. Desgaste.	Dificultad para usarse.	10	5	1	50	Revisar conexiones. Hacer una limpieza del equipo	Personal mantenimiento	Limpiar equipo. Revisar conexiones eléctricas	5	2	1	10
	Falla en las compuertas	No puede ser utilizado.	Mal diseño de fábrica. Exposición a fuerte presión.	Dificultad para usar la máquina	7	4	1	28	Ajustar las compuertas	Operario	Ajustar compuerta sin presión	3	2	1	6
	Falla en los rodillos humectadores	No puede ser utilizado.	Desgaste o por el uso de los rollos.	Dificultad para usarse	6	5	3	90	Ajustar rodillos y limpiarlos.	Operario	Ajuste y limpieza de rodillos	3	2	2	12

Nota. Elaboración propia.

Tabla 29.
AMEF de Sublimadora 3 en 1

Función o Componente del Servicio	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR inicial	Acciones recomendadas	Responsable	Acción Tomada	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR final
Sublimadora 3 en 1	Fallo en el panel de control	No puede ser utilizado.	Falla eléctrica	Falla de comunicación con la máquina	10	5	2	100	Revisar conexiones eléctricas	Personal de mantenimiento	Revisar conexiones eléctricas	6	3	1	18
	Fallo del fusible térmico	No puede ser utilizado.	Tipo de material. Mal uso.	No se puede sublimar	10	3	2	60	Realizar cambio del repuesto	Personal de mantenimiento	Cambio de fusible	5	2	1	10
	Falla por sobrecarga	No puede ser utilizado.	Se sobrepasó la capacidad de kilogramos que tenía estipulada.	Molestia al usarlo.	10	3	4	120	Realizar ajustes en la maquina	Personal de mantenimiento	Calibrar la máquina	6	2	2	24
	Falla en la plancha sublimadora	No puede ser utilizado.	Manejo indebido.	Golpetea, vibra y rechina.	10	5	2	100	Verificación funcionamiento de la plancha	Personal de mantenimiento	Realizar mantenimiento de la plancha	6	4	1	24
	Fallo de la perilla autoroscable	No puede ser utilizado.	Desgaste	Dificultad para usarse.	10	3	4	120	Verificar estado y realizar ajustes en la pieza.	Operario	Ajustes de la pieza	5	2	2	20
	No arranca	No puede ser utilizado.	Mala instalación.	Bajo rendimiento productivo.	10	5	3	150	Parar la máquina	Personal de mantenimiento	Verificar la causa raíz de la falla	4	2	2	16
	Fallo de la palanca de ajuste	No puede ser utilizado.	Desgaste y uso de la máquina	Dificultad para realizar el sublimado	6	4	4	96	Parar la máquina	Operario	Verificar la causa raíz de la falla	4	1	1	4

Nota. Elaboración propia.

Tabla 30.
AMEF de Máquina Bordadora

Función o Componente del Servicio	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR inicial	Acciones recomendadas	Responsable	Acción Tomada	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR final
Máquina Bordadora	Falla en los garfios	No puede ser utilizado.	Falla del material. Desgaste del equipo.	Dificultad para bordar	10	5	3	150	Ajuste de los garfios	Personal de mantenimiento	Ajuste de los garfios	6	2	2	24
	Falla del motor	No puede ser utilizado.	Falta lubricación. Mal uso.	Disminución de la velocidad	10	4	2	80	Revisar componentes mecánicos y lubricar	Personal de mantenimiento	Revisión de componentes y lubricación del motor	5	2	1	10
	Daño en el reciprocador	No puede ser utilizado.	Falla del material. Desgaste del equipo.	Molestia al usarlo	8	5	5	200	Realizar cambio de la pieza	Personal de mantenimiento	Cambiar de la pieza	5	2	2	20
	Daño en el botón de encendido	No puede ser utilizado.	Falla del material. Desgaste del equipo.	Golpetea, vibra y rechina	10	5	2	100	Mantenimiento del panel de control	Personal de mantenimiento	Revisión de conexiones internas	5	3	1	15
	Fallo eléctrico en el monitor de control	No puede ser utilizado.	Fallo eléctrico por desgaste.	Dificultad para usarse	8	2	5	80	Revisar conexiones eléctricas internas del monitor	Personal de mantenimiento	Revisión de conexión eléctrica y reparación del monitor de control	4	1	2	8
	Daño en el carro de cambio de agujas	No puede ser utilizado.	Falla del material. Desgaste del equipo.	Molestia al usarlo	8	6	4	192	Revisión del funcionamiento	Operario	Cambio de la pieza	4	3	2	24
	Daño en las tarjetas	No puede ser utilizado.	Sobre esfuerzo de la máquina.	Mal proceso dinámico.	7	5	4	140	Realizar cambio de tarjetas	Operario	Cambiar las tarjetas	4	2	2	16

Nota. Elaboración propia.

Tabla 31.
AMEF de Máquina Tampográfica

Función o Componente del Servicio	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR inicial	Acciones recomendadas	Responsable	Acción Tomada	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR final
Máquina Tampográfica	Fallo en el regulador de presión	No puede usarse	Desgaste y sobre esfuerzo	Sobre calentamiento	7	5	3	105	Calibrar regulador de presión	Personal de mantenimiento	Calibración regulador	3	2	1	6
	Fallo en el tablero de control	No puede usarse	Desgaste y falla eléctrica	Descontrol del equipo	8	3	4	96	Revisar conexiones eléctricas	Personal de mantenimiento	Revisión conexiones	4	1	2	8
	Desnivel en el portaobjetos	No puede usarse	Desgaste y desajuste de la pieza	Dificultad para usarse	6	5	2	60	Ajustar el portaobjetos	Operario	Ajuste de portaobjetos	2	3	1	6
	Desnivel en el tampo	No usar	Desgaste y desajuste en la pieza	No puede usarse	7	5	2	70	Ajustar el tampo	Operario	Ajuste del tampo	3	3	1	9
	No enciende	No usar	Falla eléctrica	No puede usarse	10	5	3	150	Revisión interna	Personal de mantenimiento	Revisión interna	6	2	1	12

Nota. Elaboración propia.

Tabla 32.
AMEF de Máquina de coser Ultrasonido

Función o Componente del Servicio	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR inicial	Acciones recomendadas	Responsable	Acción Tomada	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR final
Máquina de coser Ultrasonido	No arranca	No puede usarse	Fallo eléctrico	No funciona la máquina	10	5	2	100	Revisar parte interna de la máquina	Personal de mantenimiento	Revisión interna	5	2	1	10
	Daño del fusible	No puede usarse	Desgaste y fallo eléctrico	No sirve máquina	9	5	3	135	Cambio de fusible	Personal de mantenimiento	Cambio de fusible	4	2	1	8
	Daño panel de control	No puede usarse	Fallo eléctrico	Dificultad para uso	10	5	2	100	Reparar panel de control	Personal de mantenimiento	Reparación del panel	5	2	1	10

Nota. Elaboración propia.

Tabla 33.
AMEF de Sublimadora Bandeja plana

Función o Componente del Servicio	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR inicial	Acciones recomendadas	Responsable	Acción Tomada	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR final
Sublimadora Bandeja plana	Fallo de fusible térmico	No puede usarse	Desgaste y falla eléctrica	No funciona la máquina	8	5	3	120	Cambio del fusible térmico	Personal de mantenimiento	Cambio del fusible	4	2	2	16
	Fallo de la plancha estampadora	No puede usarse	Desgaste y mal uso	No calienta la plancha	9	5	2	90	Revisar partes mecánicas y eléctricas	Personal de mantenimiento	Revisión de partes mecánicas y eléctricas	5	3	1	15
	Fallo en la palanca de apertura y cierre	No puede usarse	Desgaste y mal uso	No se puede sublimar	6	6	1	36	Ajustar la palanca	Personal de mantenimiento	Ajuste de la palanca	2	3	1	6
	No enciende	No puede usarse	Falla eléctrica	No funciona la máquina	10	4	3	120	Revisión interna del equipo	Personal de mantenimiento	Revisión interna	5	2	1	10

Nota. Elaboración propia.

Tabla 34.
AMEF de Máquina Argolladora

Función o Componente del Servicio	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR inicial	Acciones recomendadas	Responsable	Acción Tomada	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR final
Máquina Argolladora	Fallo en cuchillas de perforación	No puede usarse	Desgaste y mal uso	Incomodidad para perforar	8	6	2	96	Cambio de cuchillas	Operario	Cambio de cuchillas	4	3	1	12
	Fallo en el cierre de anillo	No puede usarse	Desgaste y Desajuste	Dificultad para argollar	6	5	1	30	Ajustar el cierre de anillo	Operario	Ajustar cierre	3	2	1	6

Nota. Elaboración propia.

El AMEF, es un método que permite identificar los problemas potenciales o errores que existen en un equipo y cuáles son los posibles efectos que se generan por fallas. Es importante priorizar cada una de las fallas detectadas, revisar que tan probable es que vuelvan a ocurrir dichas fallas y a partir de ese análisis, comenzar un plan de prevención.

8.3.1.2. Diagrama de Pareto. El diagrama de Pareto permitirá organizar las causas de las fallas de máquina.

Ranking	Causa / Problema / Fenómeno	Datos recolectados	ID en gráfico	Posición real (Causas y datos ordenados)	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
7	Fallos eléctricos de un nivel menor	12	P1	1 Fatiga de alguna pieza de la máquina	58	58	23%
5	Falta de habilidad para la operación	23	P2	2 Desgaste de piezas de la máquina	54	112	22%
6	Mal armado de equipos	17	P3	3 Rotura de alguna pieza de la máquina	24	136	10%
2	Desgaste de piezas de la máquina	54	P4	4 Factores psicológicos del operador	24	160	10%
8	Factores físicos del operador	12	P5	5 Falta de habilidad para la operación	23	183	9%
1	Fatiga de alguna pieza de la máquina	58	P6	6 Mal armado de equipos	17	200	7%
9	Uso de repuestos nacionales	12	P7	7 Fallos eléctricos de un nivel menor	12	212	5%
3	Rotura de alguna pieza de la máquina	24	P8	8 Factores físicos del operador	12	224	5%
10	Mal procedimiento en el correctivo de mantenimiento	10	P9	9 Uso de repuestos nacionales	12	236	5%
4	Factores psicológicos del operador	24	P10	10 Mal procedimiento en el correctivo de mantenimiento	10	246	4%
11	Fallos eléctricos de nivel mayor	3	P11	11 Fallos eléctricos de nivel mayor	3	249	1%

Figura 19. Datos calculados de las causas de falla en equipos. Elaboración propia.

La figura 19, será de gran utilidad para identificar los defectos que se producen con mayor frecuencia, las causas más comunes por falla de equipos y de esta manera se tendrá un control de cómo ha sido el funcionamiento de la maquinaria en el año 2018.

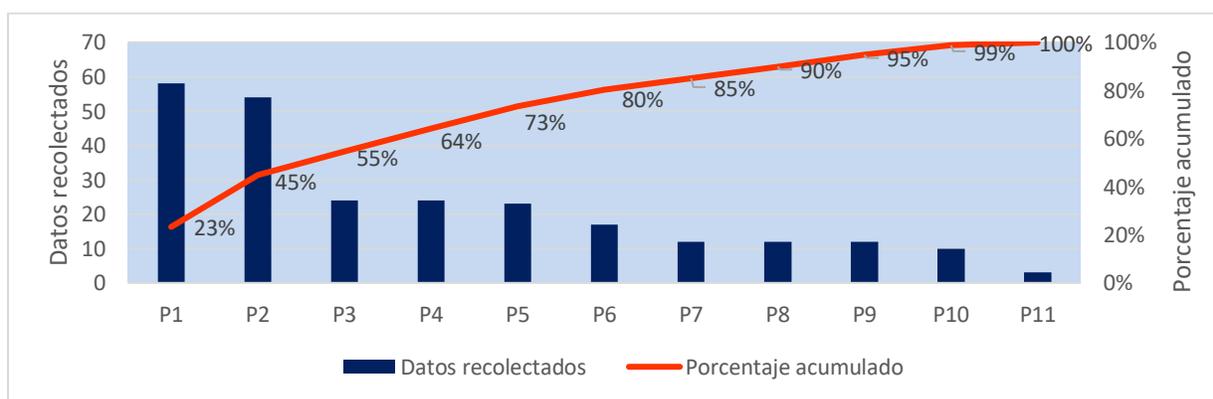


Figura 20. Diagrama de Pareto sobre la falla de maquinaria. Elaboración propia.

La figura 20 muestra un diagrama de Pareto donde se refleja una organización de manera descendente de las causas que ocasionan fallas en equipos. Esto permite un orden de prioridades para determinar el 80/20 del problema de las averías. Pues el 80% de causas que generan averías está en: fatiga y rotura de alguna pieza de la máquina, desgaste de piezas de la máquina, factores psicológicos del operador, la falta de habilidad para la operación y el mal armado de los equipos que va relacionado con los errores de fábrica.

8.3.1.3. Árbol de problemas y objetivos. Para reducir la ocurrencia de daños y mejorar el rendimiento productivo, se usará el árbol de problemas el cual permite identificar las causas y efectos de averías que posteriormente se convertirán en los objetivos de la investigación de fallas.

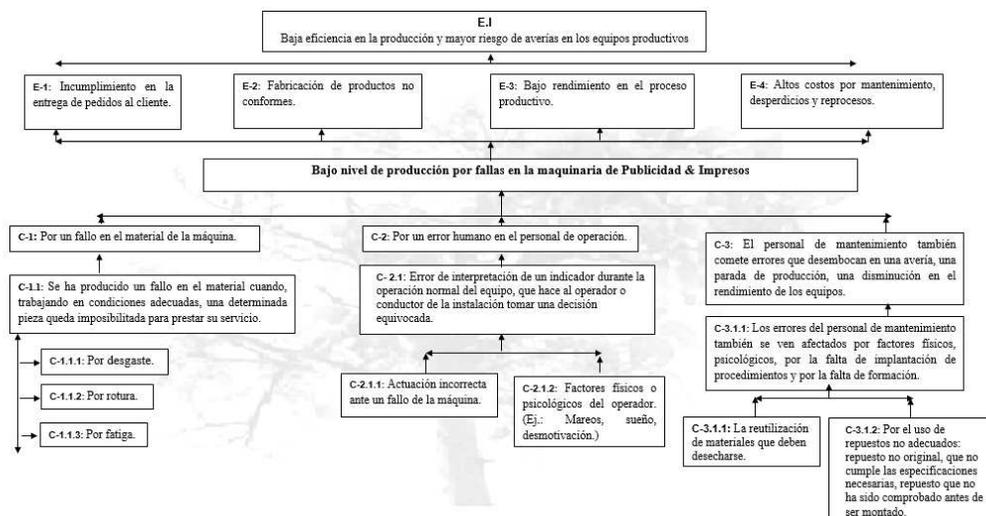


Figura 21. Árbol del problema. Elaboración propia.

Con la figura 21, el árbol de problemas se convertirá en un árbol de objetivos (fig. 22) lo cual permite organizar y definir los alcances de la investigación y reducción de averías en los equipos.

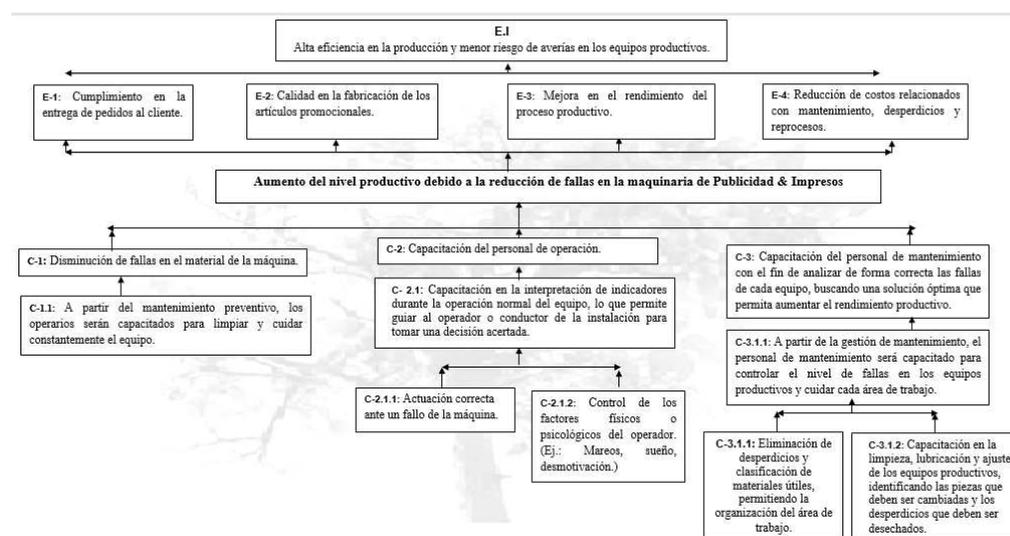


Figura 22. Árbol de objetivos. Elaboración propia.

Con todos los resultados de investigación anteriores, lo último que se hará es el planteamiento del modelo de mantenimiento adecuado para cada equipo productivo que incluye un diseño de la técnica de gestión 5s.

8.4. Propuesta de la metodología 5s

Esta técnica japonesa permite que el ambiente de trabajo sea más organizado y productivo. En este caso, es importante implementar esta metodología en la empresa Publicidad & Impresos porque permite mejorar la productividad a través de la eliminación de desperdicios, garantiza la seguridad y satisfacción de los empleados, e incrementa la rentabilidad.

Para el diseño de esta metodología, es importante que la empresa tenga claro los cinco conceptos fundamentales: Clasificación, Organización, Limpieza, Estandarización y Disciplina.

La finalidad de este método, es capacitar a los operarios para que revisen sus puestos de trabajo y verifiquen que no haya objetos y materiales innecesarios que conlleven al desorden. También, es importante capacitar a los operarios para que realicen limpiezas constantes tanto en las áreas de trabajo como en las máquinas de producción. Esto promueve el orden en el ámbito laboral.

Por último, este método permite promover la disciplina de los operarios lo que conlleva a un impacto positivo en el ambiente laboral. Es importante hacer capacitaciones constantes y evaluaciones periódicas del seguimiento de la metodología 5s en la empresa, con el fin de determinar qué aspectos deben ser perfeccionados a lo largo del tiempo.

Los pasos para desarrollar la metodología 5s en la empresa Publicidad & Impresos son:

- Determinar el uso de materiales clasificando cada objeto como necesario e innecesario. Señalización de los objetos y materiales innecesarios a través de tarjetas rojas, con el fin de trasladarlos a otro lugar para que no afecte el ambiente de trabajo.
- Establecer un lugar para colocar cada objeto o material importante, con el fin de mantener un orden en los puestos de trabajo.
- Limpiar constantemente los materiales, objetos, máquinas y el área de trabajo.
- Designar personal que sea responsable de cada equipo e instalación, con el fin de asegurar las inspecciones y el adecuado mantenimiento.
- Evaluar el cumplimiento y seguimiento de los métodos de trabajo para determinar la disciplina de cada uno de los operarios de producción.

Si la empresa no tiene un buen compromiso y las 5s no son implementadas correctamente, esto puede empeorar la seguridad, el ambiente de trabajo y la satisfacción de los operarios. Además de

eso, habrá un desperdicio de tiempo debido a las operaciones ineficientes, se reduce la productividad y a su vez, habrá una reducción de las ganancias debido al aumento de costos.

8.4.1. Primera S de Clasificación (Seiri).

La manera más útil para que la empresa pueda clasificar todos los materiales y objetos es:

- Hacer un inventario de las cosas útiles en el área de trabajo
- Hacer un listado de las herramientas o materiales que no sirven en el área de trabajo.
- Desechar los objetos que son inútiles.

8.4.1.1. Identificación de los elementos necesarios e innecesarios. Por lo general, en cualquier área de trabajo, se genera desorden debido a una acumulación de objetos que no se usan en el proceso de producción. Esto genera un mal ambiente laboral. En la figura 23, se puede apreciar las formas para seleccionar y clasificar los objetos.

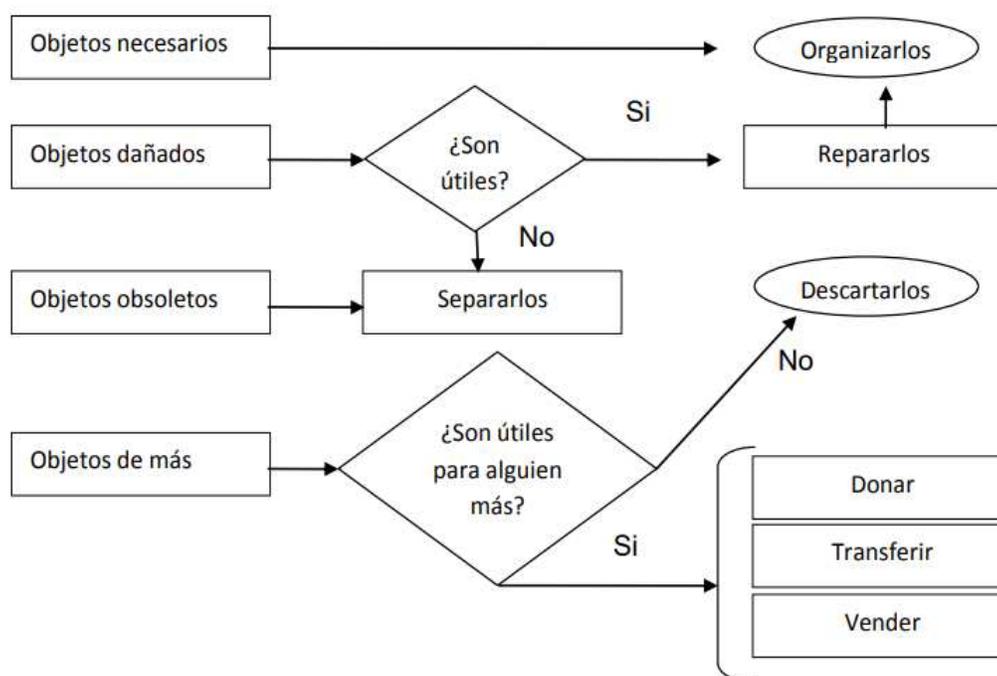


Figura 23. Diagrama de flujo de clasificación. Héctor Vargas (2012).

8.4.1.2. Lista de los elementos innecesarios. Permite identificar la cantidad de objetos y materiales que deben ser ubicados en otro lugar o en su defecto, deben ser eliminados. Esta lista la desarrolla el operario o supervisor de producción.

8.4.1.3. Señalización de objetos innecesarios con Tarjeta Roja. Permite marcar o identificar cada uno de los objetos o materiales que son innecesarios y generan desorden en el área de trabajo.

The image shows two red 5S Red Tag forms. Both are 3 inches wide and 6 inches high. The left form is titled 'TARJETA ROJA' and includes fields for 'No.', 'Fecha', 'Area', 'Item', and 'Cantidad'. Below these is a section 'ACCION SUGERIDA' with five checkboxes: 'Agrupar en espacio separado', 'Eliminar', 'Reubicar', 'Reparar', and 'Reciclar'. At the bottom, there is a 'Comentario' field and a 'Fecha p/concluir acción' field. The right form is titled 'TARJETA ROJA 5'S' and includes fields for 'No.', 'Propuesta por', 'Responsable de área', 'Area / Depto.', and 'Descripción de artículo'. Below this is a 'CATEGORIA' section with two columns of checkboxes: 'Máquina/Equipo', 'Herramienta', 'Instrumento', 'Partes eléctricas', 'Partes mecánicas', 'Material gastable', 'Materia prima', 'Trabajo en proceso', and 'Producto terminado'. There is also an 'OTROS/COMENTARIO' field. Below that is a 'RAZON DE TARJETA' section with checkboxes for 'Innecesario', 'Defectuoso', 'Fuera de especificaciones', and 'Otros'. At the bottom, there is an 'ACCION REQUERIDA' section with checkboxes for 'Eliminar', 'Agrupar en espacio separado', and 'Retomar', along with 'Otros:' and 'Fecha inicio' and 'Final de la acción' fields.

Figura 24. Formato de Tarjeta Roja para objetos innecesarios. Abel Méndez (2019).

8.4.1.4. Plan de acción para retirar elementos innecesarios. Después de identificar y marcar cada uno de los objetos innecesarios con las tarjetas, se procede a hacer las siguientes consultas:

- Mover el objeto a una nueva ubicación dentro de la empresa
- Almacenar el objeto fuera del área de trabajo
- Desechar el objeto

8.4.2. Segunda S de Organización (Seiton).

En este paso, se debe ubicar los elementos necesarios en lugares donde se puedan encontrar fácilmente para su posterior uso y regresarlos al mismo lugar sin ningún problema. Esto permite la identificación de los objetos y herramientas que son importantes dentro de la producción.

La buena organización se lleva a cabo a partir de la colocación de objetos y materiales que permita evitar problemas en la seguridad, la calidad y la eficacia dentro del área de trabajo.

- **Seguridad:** El objeto no puede caerse ni estorbar.
- **Calidad:** Los objetos no se pueden golpear, oxidarse, mezclar ni deteriorar.
- **Eficacia:** Minimizar tiempos perdidos por la búsqueda de herramientas y objetos.

La figura 25, es una guía para escoger las mejores localizaciones que facilitan la identificación visual de objetos, lo cual depende de la frecuencia de uso que se le da al elemento.



Figura 25. Localización de elementos. Héctor Vargas (2012).

Finalmente, es recomendable colocar señalizaciones en cada estantería para identificar cada objeto y material. También, se recomienda colocar en un solo lugar el conjunto de estanterías. Anexo a eso, es importante colocar señalizaciones de información en zonas importantes.



Figura 26. Señalizaciones de información. Elaboración propia.

8.4.3. Tercera S de Limpieza (Seiso).

Después de desechar los elementos innecesarios y ordenar cada elemento necesario, es importante pasar a la siguiente etapa: la limpieza. Cada operario es responsable de su equipo, lo que conlleva a crear nuevos hábitos para mantener en buen funcionamiento la maquinaria. La limpieza es fundamental no solo en las áreas de trabajo, también en los equipos productivos.

La limpieza es muy importante porque proporciona orden, higiene, comodidad y seguridad, lo que permite un buen desarrollo de las actividades en la empresa. Esto se logra haciendo acciones básicas de limpieza: Barrer, controlar plagas, fumigar, eliminar basuras y desperdicios.

8.4.3.1. Políticas de limpieza. La empresa Publicidad & Impresos debe concientizarse con las actividades constantes de limpiezas y debe evaluar periódicamente la efectividad, resultados y los costos de cada actividad de limpieza en el área de producción.

8.4.3.2. Funciones de limpieza para cada operario. En la empresa debe cumplir con unos estándares básicos de limpieza, esto implica que cada operario sea responsable de las actividades que hace en el equipo y área de trabajo asignado. Dichos estándares de limpieza son:

- Eliminar el polvo y suciedad de: pisos, paredes, estanterías, techos, ventanas y puertas.
- Lavar y desinfectar el área de trabajo si es necesario.
- Eliminar el polvo y suciedad de objetos, herramientas y máquinas.
- Eliminar el polvo y suciedad de anuncios, tableros, etiquetas y señalizaciones.
- Desechar la basura y toda clase de desperdicios, y colocar recipientes recolectores.
- Realizar la limpieza de 15 a 20 min. Diarios.
- Lavarse las manos antes y después de las comidas. Comer y fumar en los lugares designados para tales fines.
- Mantener limpio y ordenado el lugar de trabajo.

8.4.4. Cuarta S de Estandarización (Seiketsu).

En esta etapa, lo que se busca es mantener el área de producción en buenas condiciones cumpliendo siempre los métodos descritos en las tres primeras S. En este caso, se debe diseñar procedimientos que permitan asegurar la continuidad de la técnica de las 5s. La estandarización en general, se puede aplicar de la siguiente forma:

- Desechando los materiales y objetos que son innecesarios.
- Manteniendo todo en su sitio y en orden.
- Limpiando con las regularidades acordadas

A continuación, en la figura 27 se muestra un ejemplo de cómo se estandariza un área de trabajo.

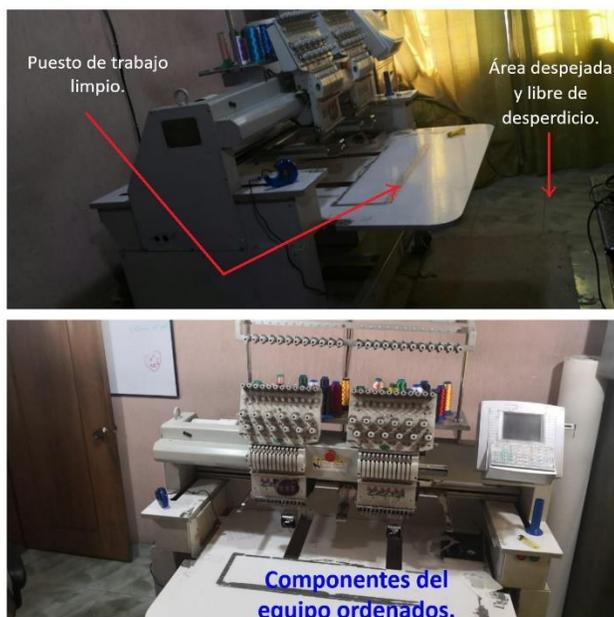


Figura 27. Estandarización en un área de trabajo. Elaboración propia

En pocas palabras, la empresa debe prevenir la aparición de suciedad y desorden tanto en el área de trabajo como en los equipos productivos. Si es necesario, hay que señalar las anomalías que se presentan en las máquinas. Es aquí donde entra el plan de mantenimiento programado y autónomo que permitirá reducir la cantidad constante de averías, promoviendo el cuidado de los equipos y así mejorar el rendimiento en el área de producción.

8.4.5. Quinta S de Disciplina (Shitsuke).

En esta última etapa lo que se busca es el debido cumplimiento de todas las normas establecidas y el cumplimiento de la metodología 5s descrita. Para ello, es importante que en la empresa Publicidad & Impresos asuman el compromiso de mantener y mejorar el nivel de organización, limpieza y clasificación de materiales según su uso, dentro del área de producción. Además, se debe asegurar el cumplimiento de las 5s a partir de un cronograma de actividades como se ve en la tabla 35.

Tabla 35.
Cronograma de seguimiento para 5s

Seguimiento y auditorias de la metodología 5s																								
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Actividades																								
Cumplimiento de las 5s		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x

Nota. Elaboración propia.

Esto incluye capacitar constantemente a los operarios con actividades rutinarias para fomentar la disciplina. En esta parte, se debe evaluar el seguimiento y cumplimiento de las 5s, lo que permite identificar en que está fallando la empresa y que debe mejorar. La tabla 36 muestra la evaluación.

Tabla 36.
Formato de evaluación del método 5s

Publicidad & Impresos	Encargado:	Fecha: / /
Ítem a evaluar	Respuesta	
	Si	No
Clasificación		
¿Los objetos considerados necesarios para el desarrollo de las actividades del área se encuentran organizados?		
¿Existen equipos, herramientas y materiales innecesarios?		
¿Hay objetos, materiales o cables en áreas de circulación?		
Organización		
¿Se dispone de un sitio adecuado para cada elemento que se ha considerado como necesario?		
¿La disposición de los elementos es acorde al grado de utilización de los mismos? Entre más frecuente más cercano.		
¿Hacen uso de herramientas como códigos de color, señalización, hojas de verificación?		
Limpieza		
¿El área de trabajo se encuentra absolutamente limpia?		
¿Se han eliminado las fuentes de contaminación? No solo la suciedad		
¿Existe una rutina de limpieza por parte de los operarios del área?		
Estandarización		
¿Existen herramientas de estandarización para mantener la organización, el orden y la limpieza identificados?		

¿En el período de evaluación, se han presentado propuestas de mejora en el área?		
¿Se utiliza evidencia visual respecto al mantenimiento de las condiciones de organización, orden y limpieza?		
Disciplina		
¿Existe proactividad en el desarrollo de la metodología 5s?		
¿Existe respeto por los estándares establecidos, y por los logros alcanzados en materia de organización, orden y limpieza?		
¿Se encuentran visibles los resultados obtenidos por medio de la metodología?		

Nota. Elaboración propia.

8.5. Planteamiento del modelo de mantenimiento autónomo

Este plan de mantenimiento autónomo tiene como propósito promover el cuidado de los equipos a partir de la prioridad que tiene el operario con el control de fallas y seguimiento del rendimiento productivo de la maquinaria. Este plan está basado en el principio del método 5s. Es claro que el método de las 5s es la base fundamental para llevar a cabo procesos de TPM, porque asegura el orden y la limpieza de los lugares de trabajo, la conservación de herramientas y objetos necesarios, el cumplimiento de las normas y procedimientos planeados. Además, las 5s permiten conservar la mejora continua en los procesos productivos de la empresa.

La finalidad principal del mantenimiento autónomo es entrenar a los operarios para que sean capaces de identificar anomalías en los equipos antes del fallo. También, capacitar a los operarios para que realicen mantenimientos preventivos en los equipos, que incluye hacer énfasis en la limpieza, lubricación y ajuste de la máquina. Esto permitirá reducir significativamente las fallas en los equipos, pero cabe aclarar que los planes de mantenimiento traerán beneficios en la producción solo si la empresa se compromete a realizar constantemente las acciones preventivas.

Los pasos para realizar este plan de mantenimiento autónomo son:

- Evaluación de desempeño del operador
- Diseño de formatos OPL para cada equipo y señalización con tarjeteo de defectos
- Cronograma para la implementación del plan de mantenimiento autónomo

A continuación, se muestra unos indicadores que permiten evaluar el desempeño de cada operador.

8.5.1. Evaluación de desempeño del operador.

Tabla 37.

Indicadores para evaluar el cumplimiento de limpieza, lubricación y ajuste

Indicador	Formula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Porcentaje de limpieza	$\frac{\text{Número de actividades realizadas}}{\text{Total de actividades de limpieza}} \times 100$	100%	Diario	Control de limpieza en equipos y áreas de trabajo
Porcentaje de lubricación	$\frac{\text{Número de actividades realizadas}}{\text{Total de actividades de lubricacion}} \times 100$	100%	Semanal	Control de la lubricación en equipos
Porcentaje de ajuste	$\frac{\text{Número de piezas ajustadas}}{\text{Piezas desajustadas}} \times 100$	100%	Semanal	Control de los ajustes en las piezas del equipo

Nota. Elaboración propia.

La tabla 37 muestra indicadores que permiten evaluar el desempeño de cada operario de producción lo cual permite mejorar la relación del hombre y máquina, aumentar el conocimiento técnico y operar de manera segura los equipos.

El primer indicador permite tener un control de limpieza para cada equipo productivo y para cada área de trabajo. El segundo indicador está enfocado en el cumplimiento de las actividades de lubricación necesarias para que el equipo funcione con normalidad. Finalmente, el tercer indicador permite identificar el cumplimiento que tuvo el operario con relación al ajuste de piezas de cada equipo productivo. Dentro del mantenimiento autónomo es fundamental hacer énfasis en las actividades de limpieza, lubricación y ajuste porque garantizan el buen estado de los equipos.

8.5.2. Lecciones de punto (OPL) de cada equipo.

Es una herramienta utilizada para transmitir conocimientos sobre funcionamiento de maquinaria; muestra los puntos importantes sobre el funcionamiento, operación, uso, importancia, seguridad o aprendizaje obtenido.

El operario de producción se encarga de revisar esa información. También, las lecciones de punto permiten recordar los puntos más importantes de seguridad, limpieza, lubricación y ajuste del equipo, además de instruir las ejecuciones de cada operación. En resumen, estas lecciones son muy importantes porque permiten que el operario conozca detalladamente las operaciones que

requieren más atención en el equipo. Esta herramienta se considera un modelo eficiente que permite evitar problemas, brindar conocimiento básico y mejorar la producción.

- Para evitar problemas se hacen operaciones que reducen los riesgos de fallas.
- Brinda conocimientos básicos para determinar nuevas formas de operación.
- Se identifican nuevas formas de trabajo con el fin de mejorar el tiempo de ejecución, la calidad del producto y sobre todo la optimización de los recursos de producción.

8.5.2.1. OPL de Máquina Tampográfica. Se muestra los puntos importantes de operación.

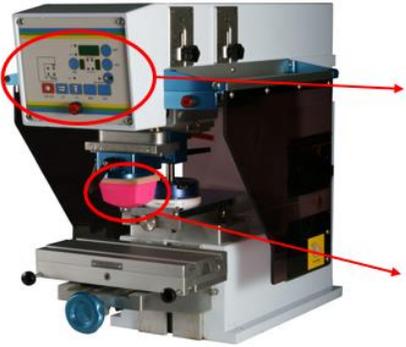
Lección de un punto (OPL) para la Máquina Tampográfica B100					
Tipo de analisis		Seguridad	Limpieza	Ajuste	Lubricación
		X		X	
Título	Análisis del estampado				
	Problema: Falla eléctrica del tablero de control, que impide el manejo del equipo y la ejecución del estampado en objetos.				
	Acción: Revisar conexiones de partes mecánicas y eléctricas internas del equipo. Verificar si se puede usar.				
	Problema: El desnivel del tampo genera dificultades para estampar un objeto, lo que conlleva a un derrame de tinta.				
	Acción: Hay que verificar el ajuste del tampo.				

Figura 28. OPL de Máquina Tampográfica. Elaboración propia.

8.5.2.2. OPL de Máquina Litográfica. Se muestra los puntos importantes de operación.

Lección de un punto (OPL) para la Máquina Litográfica					
Tipo de analisis		Seguridad	Limpieza	Ajuste	Lubricación
			X	X	X
Título	Análisis de impresión				
	Problema: Falla en los rodillos humectadores, que ocasiona dificultades para realizar impresiones de avisos.				
	Acción: Ajustar los rodillos y limpiarlos antes de una impresión.				
	Problema: Fallo del motor por sobrecarga, lo que impide el desarrollo de operaciones en la máquina. Dificultad para hacer impresiones.				
	Acción: Revisar componentes mecánicos del motor y lubricarlo una vez por semana.				

Figura 29. OPL Máquina Litográfica. Elaboración propia.

8.5.2.3. *OPL de Máquina Bordadora.* Se muestra los puntos importantes de operación.

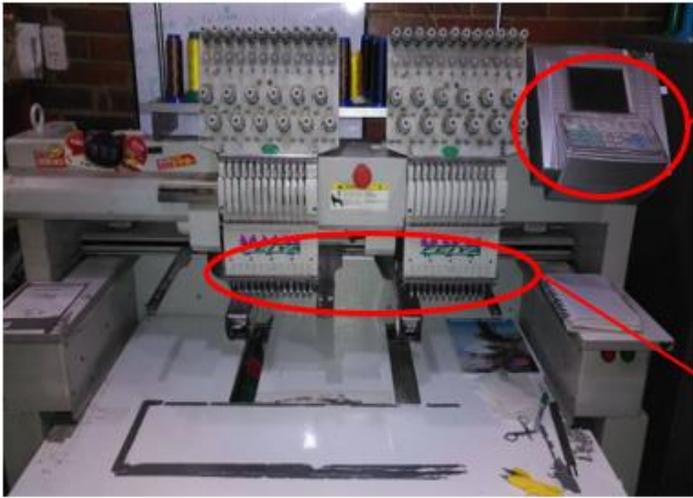
Lección de un punto (OPL) para la Máquina Bordadora Industrial Feiya					
Tipo de analisis		Seguridad	Limpieza	Ajuste	Lubricación
		X		X	
Titulo	Analisis del bordado				
	<p>Problema: Falla eléctrica en el monitor de control, que impide el manejo del equipo y la ejecución del bordado en prendas textiles.</p>				
	<p>Acción: Revisar conexiones de las partes mecánicas y eléctricas de la máquina. Verificar si puede usarse.</p>				
	<p>Problema: Falla en los garfios que dificulta el proceso de bordado en las prendas por la rotura frecuente de hilos y agujas.</p>				
	<p>Acción: Verificar el ajuste de los garfios y el sensor de corte de los hilos.</p>				

Figura 30. OPL Máquina Bordadora. Elaboración Propia.

8.5.2.4. *OPL de Sublimadora 3 en 1.* Se muestra los puntos importantes de operación.

Lección de un punto (OPL) para la Máquina Sublimadora 3 en 1					
Tipo de analisis		Seguridad	Limpieza	Ajuste	Lubricación
		X		X	
Titulo	Analisis del sublimado				
	<p>Problema: Falla eléctrica del tablero de control, que impide el manejo del equipo y la ejecución del sublimado en objetos.</p>				
	<p>Acción: Revisar conexiones de partes mecánicas y eléctricas internas del equipo. Verificar si se puede usar.</p>				
	<p>Problema: Fallo de la perilla autoroscable que dificulta el proceso de sublimado en el objeto.</p>				
	<p>Acción: Ajustar la perilla de tal manera que pueda reforzar el soporte del objeto.</p>				

Figura 31. OPL Sublimadora 3 en 1. Elaboración propia.

8.5.2.5. *OPL Sublimadora Bandeja Plana.* Se muestra los puntos importantes de operación.

Lección de un punto (OPL) para la Máquina Sublimadora bandeja plana					
Tipo de analisis		Seguridad	Limpieza	Ajuste	Lubricación
		X		X	
Titulo	Analisis del sublimado				
	<p>Problema: Fallo de la palanca de apertura y cierre, lo que impide que se pueda usar el equipo.</p>				
	<p>Acción: Ajustar la palanca de tal manera que se pueda subir y bajar la plancha del equipo.</p>				
	<p>Problema: Fallo de la plancha sublimadora, dificultad para calentarse lo que impide el buen desarrollo del proceso de sublimado.</p>				
	<p>Acción: Revisar el estado de las partes mecánicas y eléctricas del equipo.</p>				

Figura 32. OPL Sublimadora bandeja plana. Elaboración propia.

8.5.2.6. *OPL Máquina Argolladora.* Se muestra los puntos importantes de operación.

Lección de un punto (OPL) para la Máquina Argolladora					
Tipo de analisis		Seguridad	Limpieza	Ajuste	Lubricación
		X		X	
Titulo	Analisis del argollado				
	<p>Problema: Fallo en el cierre del anillo lo que dificulta el proceso de argollado de agendas y cuadernos.</p>				
	<p>Acción: Ajustar el cierre del anillo.</p>				
	<p>Problema: Falla en cuchillas de perforación que ocasiona incomodidad para argollar agendas y cuadernos.</p>				
	<p>Acción: Cambiar cuchillas de perforación.</p>				

Figura 33. OPL Máquina Argolladora. Elaboración Propia.

8.5.2.7. *OPL Máquina coser Ultrasonido*. Se muestra los puntos importantes de operación.

Lección de un punto (OPL) para la Máquina de coser Ultrasonido					
Tipo de analisis		Seguridad	Limpieza	Ajuste	Lubricació
		X			
Título	Analisis del sellado				
	Problema: Falla eléctrica del panel de control, que impide el manejo del equipo y la ejecución del sellado en material plástico.				
	Acción: Revisar conexiones de partes mecánicas y eléctricas del equipo. Verificar si no hay riesgo para usarse.				
	Problema: Falla eléctrica del fusible que impide el funcionamiento del equipo y el proceso de sellado de materiales plásticos.				
	Acción: Cambiar el fusible.				

Figura 34. OPL Máquina de coser Ultrasonido. Elaboración Propia.

8.5.3. Señalización con tarjeteo de fallas: Operación, Mantenimiento y Seguridad.

La señalización con tarjeteo permite identificar averías y defectos, así como las condiciones inseguras de cada máquina productiva. Cuando existen fallas en un equipo, se debe colocar en ese momento la señalización con la tarjeta conveniente y una vez se resuelva el defecto, se puede retirar la tarjeta. Es importante aclarar qué acción correctiva se aplicó al equipo.

8.5.3.1. *Tipos de Tarjetas*. Se usan para facilitar la identificación de los diferentes defectos.

- **Tarjeta de Operación:** Su color es azul y se usa para señalar defectos menores que no necesitan de conocimientos específicos y que pueden ser reparados por los operadores de la línea. Si se tiene el conocimiento y la herramienta, se resuelve en el momento. (Fig. 35)
- **Tarjeta de Mantenimiento:** Su color es rojo y se usa para señalar defectos que requieren de un grado de conocimiento más específico y requieren de la participación del especialista de Mantenimiento. Revisar figura 36.
- **Tarjeta de Seguridad:** Su color es amarillo y se usa para señalar los defectos o las condiciones inseguras que ponen en riesgo la salud. Revisar figura 37.

Operación	
Tarjeta de inspección TPM	
Fecha de tarjeteo:	
Persona que encontro la falla/defecto:	
Área y equipo:	Detalle ubicación específica:
Descripción de falla/defecto:	
Acción Correctiva/Contramedida:	
Persona que efectúo acción correctiva:	
Fecha acción correctiva:	

Figura 35. Formato Tarjeta de Operación. Elaboración propia.

Mantenimiento	
Tarjeta de inspección TPM	
Fecha de tarjeteo:	
Persona que encontro la falla/defecto:	
Área y equipo:	Detalle ubicación específica:
Descripción de falla/defecto:	
Acción Correctiva/Contramedida:	
Persona que efectúo acción correctiva:	
Fecha acción correctiva:	

Figura 36. Formato Tarjeta de Mantenimiento. Elaboración propia.

Seguridad	
Tarjeta de inspección TPM	
Fecha de tarjeteo:	
Persona que encontro la falla/defecto:	
Área y equipo:	Detalle ubicación específica:
Descripción de falla/defecto:	
Acción Correctiva/Contramedida:	
Persona que efectúo acción correctiva:	
Fecha acción correctiva:	

Figura 37. Formato Tarjetas de Seguridad. Elaboración propia.

Tabla 38.

Indicadores de tarjeteo de fallas

Indicador	Formula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Número de puntos peligrosos detectados	Número actual de puntos peligrosos	De acuerdo a metas mensuales	Mensual	El operario debe indicar los puntos inseguros del equipo.
Número de incidentes	Número actual	0	Semanal	Incluir los accidentes que requieren pérdidas de días laborales
Defectos y paros menores	$\frac{\text{Defectos menores detectados}}{\text{Total de defectos}} \times 100$	De acuerdo a metas mensuales	Mensual	Control de los defectos menores
Número de defectos resueltos	$\frac{\text{Número de defectos resueltos}}{\text{Total de defectos}} \times 100$	100%	Mensual	Control del número de fallas

Nota. Elaboración propia.

8.5.4. Cronograma para la implementación del plan de mantenimiento autónomo.

Finalmente, para asegurar el cumplimiento del plan de mantenimiento autónomo, se hará un cronograma de actividades donde la empresa tendrá en cuenta las acciones que debe realizar. Es

importante que tengan en cuenta los conceptos de lecciones de punto y señalización de defectos expuestos anteriormente ya que son métodos que benefician el cuidado de equipos productivos. También, es importante garantizar el cuidado de los equipos a partir de la limpieza. A continuación, en la tabla 39 se muestra el cronograma de implementación:

Tabla 39.
Cronograma para implementar el Mantenimiento Autónomo

Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Análisis y selección de equipos	■	■	■																	
Evaluación del cumplimiento de limpieza, lubricación y ajuste				■	■	■	■	■	■	■	■									
Definición de mecanismos de control y seguimiento de actividades												■	■	■						
Implementación del Mantenimiento Autónomo															■	■	■	■	■	■

Nota. Elaboración propia.

8.6. Planteamiento del modelo de mantenimiento programado

Esta propuesta de mantenimiento se realiza con la finalidad de prevenir las fallas de la maquinaria y mantener los equipos en un estado óptimo de funcionamiento. Con el plan de mantenimiento programado lo que se busca es realizar un procedimiento adecuado para el desarrollo de las actividades en cada equipo productivo. El mantenimiento programado junto con el mantenimiento autónomo favorece el cuidado de equipos. Cabe resaltar que es compromiso de la empresa, tener un constante seguimiento del desempeño de los equipos, de lo contrario, no se verá una mejora significativa en la producción, calidad de los productos y entrega de pedidos.

Los pasos para desarrollar este plan de mantenimiento programado son:

- Localización del área de producción
- Codificación de los equipos productivos y codificación de las actividades
- Ficha técnica de cada equipo
- Gamas de mantenimiento de las fallas del equipo
- Diseño de las tablas de control

8.6.1. Localización del área de producción.

Es importante determinar la distribución de los equipos que intervienen dentro del proceso de producción en la empresa Publicidad & Impresos. En la Figura 38 se muestra la localización.

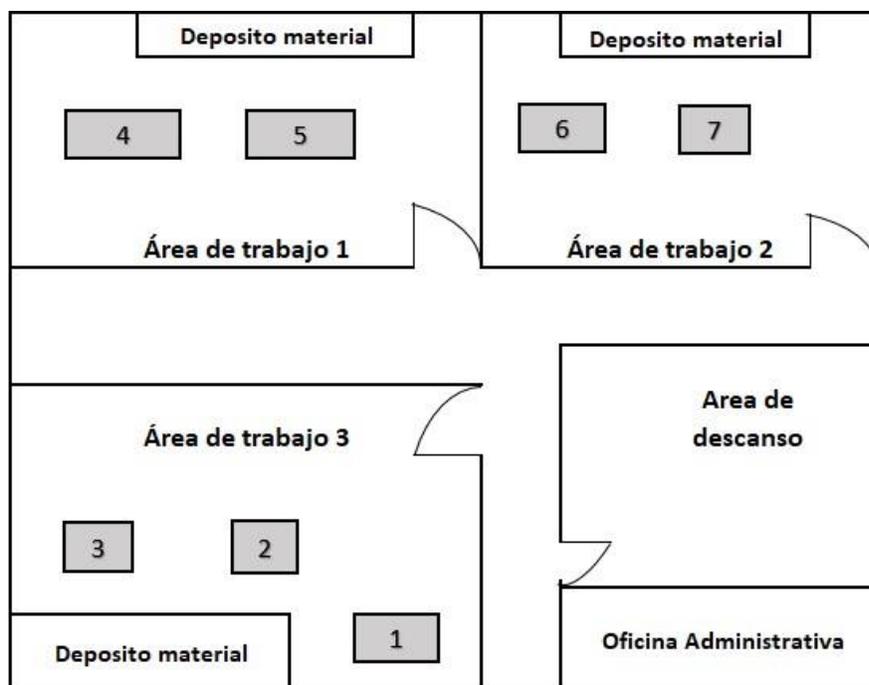


Figura 38. Localización del área de producción. Elaboración Propia.

8.6.2. Codificación de equipos productivos.

Después de identificar la localización del área de producción, se procede a realizar la codificación de cada equipo productivo, lo que facilita la identificación práctica de la maquinaria a partir de un código alfanumérico, siendo único para cada equipo. Para realizar la codificación, se tiene en cuenta el número del área de trabajo, seguido de una abreviación del nombre de equipo y, por último, la posición del equipo en el área con un número representativo. (Revisar Figura 39)

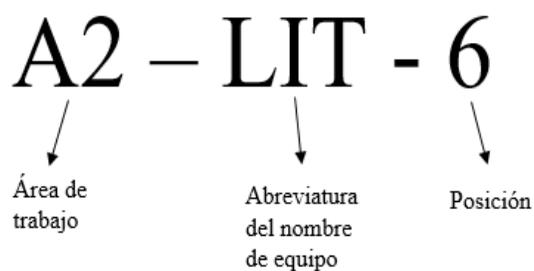


Figura 39. Ejemplo de codificación. Elaboración propia.

Tabla 40.
Codificación e identificación de equipos

Nombre de equipo	Código de equipo	Área de trabajo	Posición
Máquina Bordadora	A1 – BOR - 4	1	4
Máquina de coser Ultrasonido	A1 – ULT - 5	1	5
Máquina Litográfica	A2 – LIT - 6	2	6
Máquina Argolladora	A2 – ARG - 7	2	7
Máquina Tampográfica	A3 – TAM - 1	3	1
Sublimadora 3 en 1	A3 – STU- 2	3	2
Sublimadora Bandeja plana	A3 – SBP -3	3	3

Nota. Elaboración propia.

8.6.3. Codificación de las actividades.

Para desarrollar las actividades de mantenimiento es necesario identificarlas por medio de un código que sea fácil de reconocer para el operario de producción. La codificación se hará de manera alfanumérica identificando una letra representativa de la actividad y un número consecutivo. Se hará énfasis en las actividades de mantenimiento periódico como lubricación de las máquinas, inspecciones eléctricas, mecánicas y de limpieza.

Tabla 41.
Actividades de Lubricación

Actividad o Proceso	Código
Cambio de aceite	A01
Revisión del nivel de aceite y fugas	A02
Engrase y lubricación	A03

Nota. Elaboración propia.

Tabla 42.
Actividades Eléctricas

Actividad o Proceso	Código
Revisión, cambio o ajuste de conexiones eléctricas	E01
Revisión del motor	E02

Revisión de tarjeta electrónica	E03
Revisión del voltaje y amperaje	E04
Revisión del estado de cables en general	E05

Nota. Elaboración propia.

Tabla 43.
Actividades Mecánicas

Actividad o Proceso	Código
Alineación y ajuste de las partes móviles	R01
Verificación del estado de herramientas e inspección de anomalías	R02
Revisión y verificación de engranes	R03
Revisión y ajuste general de equipos	R04
Revisión y/o cambio de cuchillas	R05
Afilado de cuchillas	R06
Revisión del sistema de enfriamiento	R07

Nota. Elaboración propia.

Tabla 44.
Actividades de Limpieza

Actividad o Proceso	Código
Limpieza de ranuras de ventilación e interior del equipo	B01
Limpieza superficial en área de trabajo	B02
Limpieza de partes superficiales del equipo	B03

Nota. Elaboración propia.

Tabla 45.
Actividades de Medición

Actividad o Proceso	Código
Revisión del control numérico en el monitor del equipo	M01

Nota. Elaboración propia.

8.6.4. Ficha técnica de cada equipo.

Es necesario crear documentos que faciliten el acceso de información de cada equipo productivo. Para ello, se diseñó un formato que recopila información de carácter operativo, técnico y características generales de un equipo determinado. Dentro de las características operacionales se encuentran aquellas condiciones que se deben garantizar para una óptima eficiencia de la máquina como la temperatura o corte.

En las características técnicas se detalla el diseño que tiene cada equipo como nivel de voltaje, amperaje, potencia y velocidad de trabajo. Y en las características generales se aprecia la información adicional del equipo tales como: dimensiones, fabricantes, proveedores, representantes, etc. A continuación, se muestra las fichas técnicas de cada equipo productivo.

8.6.4.1. Ficha Técnica Máquina Bordadora. Se muestra las características del equipo.

Publicidad & Impresos			
Plan de Mantenimiento Programado			
Ficha Técnica		No. 1	
Datos Generales			
Equipo: Bordadora Industrial FY 1202		Código: A1 – BOR - 4	
Marca: FEIYA	Modelo: FY-1202	Peso: 390 Kg	
Tiempo de Operación			
Jornada Laboral: 9hrs - 13hrs		Intermitente: X	
Datos del Fabricante			
Nombre: FEIYA		Teléfono: 3102723901	Dirección: Calle 43 Sur #54-12
Ciudad: Bogotá D.C		Correo electrónico o Página web: www.multipartescolombia.com	
Servicios de operación			
Voltaje: 220 V		Amperaje: 16 A	Potencia: 1,8 Kw

Figura 40. Ficha técnica de Bordadora. Elaboración propia.

8.6.4.2. *Ficha Técnica Máquina Litográfica.* Se muestra las características del equipo.

Publicidad & Impresos Plan de Mantenimiento Programado		
Ficha Técnica	No. 2	
Datos Generales		
Equipo: Litográfica Heidelberg TOK		Código: A2 - LIT - 6
Marca: Heidelberg	Modelo: GTO 52	Peso: 1370 Kg
Tiempo de Operación		
Jornada Laboral: 9hrs - 13hrs	Intermitente: X	
Datos del Fabricante		
Nombre: Heidelberg	Teléfono: (1) 4161066	Dirección: Cl. 46a #82-54
Ciudad: Bogotá D.C	Correo electrónico o Página web: www.heidelberg.com.co	
Servicios de operación		
Voltaje: 228 V	Amperaje: 16 A	Potencia: 2,0 Kw

Figura 41. Ficha técnica de Litográfica. Elaboración propia.

8.6.4.3. *Ficha Técnica Máquina coser Ultrasonido.* Se muestra las características del equipo.

Publicidad & Impresos Plan de Mantenimiento Programado		
Ficha Técnica	No. 3	
Datos Generales		
Equipo: Máquina de coser por Ultrasonido		Código: A1 - ULT - 5
Marca: Jontex	Modelo: TC - 50	Peso: 140 Kg
Tiempo de Operación		
Jornada Laboral: 9hrs - 13hrs	Intermitente: X	
Datos del Fabricante		
Nombre: Jontex	Teléfono: 3125967290	Dirección: Calle 43 Sur #54-12
Ciudad: Bogotá D.C	Correo electrónico o Página web: www.multipartescolombia.com	
Servicios de operación		
Voltaje: 220 V	Amperaje: 16 A	Potencia: 2,0 Kw

Figura 42. Ficha técnica de Ultrasonido. Elaboración propia.

8.6.4.4. *Ficha Técnica Máquina Tampográfica.* Se muestra las características del equipo.

Publicidad & Impresos Plan de Mantenimiento Programado		
Ficha Técnica	No. 4	
Datos Generales		
Equipo: Impresora Tampográfica		Código: A3 – TAM - 1
Marca: Inkcup	Modelo: ICN-B100	Peso: 54,5 kg
Tiempo de Operación		
Jornada Laboral: 9hrs - 13hrs	Intermitente: X	
		
Datos del Fabricante		
Nombre: Inkcup	Teléfono: 3107975812	Dirección: Carrera 27c no. 70-37
Ciudad: Bogotá D.C	Correo electrónico o Página web: www.systemprint.com.co	
Servicios de operación		
Voltaje: 110 V	Amperaje: 5 A	Potencia: 1,6 Kw

Figura 43. Ficha técnica de Tampográfica. Elaboración propia.

8.6.4.5. *Ficha Técnica Sublimadora 3 en 1.* Se muestra las características del equipo.

Publicidad & Impresos Plan de Mantenimiento Programado		
Ficha Técnica	No. 5	
Datos Generales		
Equipo: Sublimadora termofijadora 3 en 1		Código: A3 – STU- 2
Marca: Digi Transfer	Modelo: 3 en 1 tipo cayman	Peso: 13,6 kg
Tiempo de Operación		
Jornada Laboral: 9hrs - 13hrs	Intermitente: X	
		
Datos del Fabricante		
Nombre: Digi Transfer	Teléfono: 301 443 4409	Dirección: Cll 19 Sur # 5-47
Ciudad: Bogotá D.C	Correo electrónico o Página web: digitransfer.net	
Servicios de operación		
Voltaje: 110 / 220V	Amperaje: 1,6 A	Potencia: 0,35 Kw

Figura 44. Ficha técnica de Sublimadora 3 en 1. Elaboración propia.

8.6.4.6. *Ficha Técnica Sublimadora Bandeja plana.* Se muestra las características del equipo.

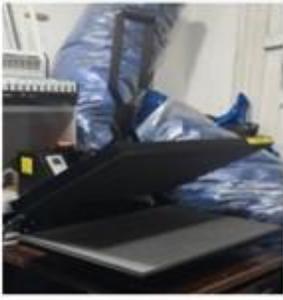
Publicidad & Impresos Plan de Mantenimiento Programado			
Ficha Técnica	No. 6		
Datos Generales			
Equipo: Sublimadora Bandeja plana		Código: A3 - SBP - 3	
Marca: Sismatex	Modelo: ES - 38	Peso: 35 kg	
Tiempo de Operación			
Jornada Laboral: 9hrs - 13hrs	Intermitente: X		
Datos del Fabricante			
Nombre: Sismatex	Teléfono: (1) 260 07 02	Dirección: Carrera 69 B No 19 - 39 Sur	
Ciudad: Bogotá D.C	Correo electrónico o Página web: www.sismatex.com		
Servicios de operación			
Voltaje: 110 V	Amperaje: 14,5 A	Potencia: 1,6 Kw	

Figura 45. Ficha técnica de Sublimadora Bandeja plana. Elaboración Propia.

8.6.4.7. *Ficha Técnica Máquina Argolladora.* Se muestra las características del equipo.

Publicidad & Impresos Plan de Mantenimiento Programado			
Ficha Técnica	No. 7		
Datos Generales			
Equipo: Argolladora Wiremac duo		Código: A2 - ARG - 7	
Marca: Akiles	Modelo: Wiremac duo	Peso: 8,6 kg	
Tiempo de Operación			
Jornada Laboral: 9hrs - 13hrs	Intermitente: X		
Datos del Fabricante			
Nombre: Akiles	Teléfono: 3223355016	Dirección: Cl. 75 #53-27	
Ciudad: Bogotá D.C	Correo electrónico o Página web: paperxs@gmail.com		
Servicios de operación			
Voltaje: N.A.	Amperaje: N.A.	Potencia: N.A.	

Figura 46. Ficha técnica de Argolladora. Elaboración propia.

8.6.5. Gamas de mantenimiento de las fallas del equipo.

Las gamas, también conocidas como instructivos permiten definir cuáles son las acciones de mantenimiento que se deben aplicar para cada equipo productivo con base a los requerimientos de limpieza, lubricación, mecánica, electricidad y medición. De esta manera, los operarios podrán guiarse con los formatos de gamas cuando reciban una orden de trabajo. A continuación, se mostrará varios ejemplos de cómo se desarrolla una gama para una falla determinada.

8.6.5.1. Gama de lubricación. En este formato se muestran las acciones de mantenimiento necesarias para lubricar la máquina litográfica.

Publicidad & Impresos Plan de Mantenimiento Programado			
Gama o Instructivo		No. 1	
Fecha de ejecución:	Código de actividad: A03	Nombre del equipo: Litográfica Heidelberg TOK	Actividad: Engrase y Lubricación
Personal encargado de la actividad		Herramientas para realizar la actividad de mantenimiento	
Operador		Objetos y materiales necesarios	
Contratista		Elementos de protección personal (Guantes y Tapa bocas), Aceitera, Bayetilla y Aceite Shell Tonna S2 M 68	
Jefe Mantenimiento			
Operario	X		
Especificaciones de Seguridad			
Verificar que la máquina este apagada. Desconectar la máquina de la toma eléctrica antes de la actividad de mantenimiento. Una vez finalizada la actividad, conectar nuevamente la máquina a la toma eléctrica.			
Procedimiento			
Limpiar con la bayetilla la suciedad presente en las aceiteras internas de la máquina. Colocar la boquilla de la aceitera en el dispositivo de lubricación y aplicar el suficiente aceite. Limpiar con la bayetilla el aceite derramado. Encender la máquina para verificar su funcionamiento.			
Tiempo estimado de ejecución			7 min aprox.

Figura 47. Lubricación de Máquina Litográfica. Elaboración propia.

8.6.5.2. *Gama de electricidad.* En este formato se muestran las acciones de mantenimiento necesarias para arreglar una parte eléctrica de la máquina Litográfica.

Publicidad & Impresos Plan de Mantenimiento Programado			
Gama o Instructivo		No. 2	
Fecha de ejecución:	Código de actividad: E05	Nombre del equipo: Litográfica Heidelberg TOK	Actividad: Revisión del motor eléctrico
Personal encargado de la actividad		Herramientas para realizar la actividad de mantenimiento	
Operador		Objetos y materiales necesarios	
Contratista		Elementos de protección personal (Guantes, Gafas, Tapa bocas y calzado dieléctrico), pinza voltiamperimétrica, alicate y llaves Boca fija.	
Jefe Mantenimient			
Operario	X		
Especificaciones de Seguridad			
Verificar que la máquina este apagada. Desconectar la máquina de la toma eléctrica antes de la actividad de mantenimiento. Si en la revisión existen anomalías en alguna pieza del motor, se debe verificar el estado de cada pieza, realizar respectivos ajustes y si es necesario, hacer un cambio en la pieza. Una vez finalizada la actividad, montar de nuevo el motor, alinearlos correctamente en la máquina. Conectar nuevamente la máquina a la toma eléctrica.			
Procedimiento			
Identificar el motor que genera el movimiento de la máquina. Comprobar vibración y calentamientos anormales. Luego desmontar el motor de la máquina con la ayuda del juego de llaves boca fija. Verificar que se encuentre en buen estado el rotor, estator, bobinado, rodamientos, conexiones, carcasa, tornillos y tuercas de sujeción.			
Tiempo estimado de ejecución			40 min aprox.

Figura 48. Actividad eléctrica para la Máquina Litográfica. Elaboración propia.

8.6.5.3. *Gama de limpieza.* En este formato se muestran las acciones de mantenimiento necesarias para limpiar una parte específica de la máquina Bordadora.

Publicidad & Impresos Plan de Mantenimiento Programado			
Gama o Instructivo		No. 3	
Fecha de ejecución:	Código de actividad: B01	Nombre del equipo: Bordadora Industrial	Actividad: Limpieza de ranuras y el interior del equipo
Personal encargado de la actividad		Herramientas para realizar la actividad de mantenimiento	
Operador		Objetos y materiales necesarios	
Contratista		Elementos de protección personal (Guantes, Tapa bocas), cepillo de limpieza o aspiradora.	
Jefe Mantenimiento			
Operario	X		
Especificaciones de Seguridad			
Presione el botón "Posición de Aguja" para subir la aguja. Luego verificar que la máquina este apagada. Desconectar la máquina de la toma eléctrica antes de la actividad de limpieza. Una vez finalizada la actividad, asegúrese que la caja de la bobina esté instalada correctamente. Si no, la aguja se podría quebrar. Conectar nuevamente la máquina a la toma eléctrica.			
Procedimiento			
Retire la aguja y el soporte del pie prensatela. Retire la unidad de cama plana o la unidad de bordado. Sujete la cubierta de la placa de la aguja por ambos lados y luego deslícela hacia usted. Sujete la caja de la bobina y luego tire de ella hacia afuera. Utilice el cepillo de limpieza o una aspiradora para eliminar la pelusa y el polvo de la pista y del área a su alrededor. Inserte la caja de la bobina de tal forma que la protuberancia en la caja de la bobina se alinee con el resorte. Coloque las pestañas de la cubierta de la placa de la aguja dentro de la placa de la aguja y luego deslice la cubierta para colocarla nuevamente.			
Tiempo estimado de ejecución		35 min aprox.	

Figura 49. Actividad de limpieza para la Bordadora. Elaboración propia.

8.6.5.4. *Gama de ajuste.* En este formato se muestran las acciones de mantenimiento necesarias para ajustar una pieza de la Sublimadora 3 en 1.

Publicidad & Impresos Plan de Mantenimiento Programado			
Gama o Instructivo		No. 4	
Fecha de ejecución:	Código de actividad: R01	Nombre del equipo: Sublimadora 3 en 1	Actividad: Alineación y ajuste de las partes móviles
Personal encargado de la actividad		Herramientas para realizar la actividad de mantenimiento	
Operador		Objetos y materiales necesarios	
Contratista		Elementos de protección personal (Guantes) y juego de llaves boca fija.	
Jefe Mantenimiento			
Operario	X		
Especificaciones de Seguridad			
Verificar que la máquina este apagada. Desconectar la máquina de la toma eléctrica antes de la actividad de ajuste. Después de finalizar la actividad, conectar nuevamente la máquina a la toma eléctrica.			
Procedimiento			
Haga una inspección visual e identifique si es necesario ó no hacer alineación y ajuste de los componentes móviles de la máquina. Si no es necesario, entonces la actividad de ajuste se finaliza. Si es necesario, debe realizar ajuste y alineación de la siguiente manera: Ajustar el espacio preciso del desplazamiento tanto en los movimientos verticales como horizontales. Ajuste el soporte, la perilla autoroscable y la palanca de movimiento de la misma.			
Tiempo estimado de ejecución			15 min aprox.

Figura 50. Actividad de ajuste de la Sublimadora 3 en 1. Elaboración propia.

8.6.5.5. *Gama de mecánica.* En este formato se muestran las acciones de mantenimiento necesarias para revisar el estado de los engranes en la máquina Tampográfica.

Publicidad & Impresos Plan de Mantenimiento Programado			
Gama o Instructivo		No. 5	
Fecha de ejecución:	Código de actividad: R03	Nombre del equipo: Máquina Tampográfica	Actividad: Revisión y verificación de engranes
Personal encargado de la actividad		Herramientas para realizar la actividad de mantenimiento	
Operador		Objetos y materiales necesarios	
Contratista		Elementos de protección personal (Guantes) y juego de llaves boca fija.	
Jefe Mantenimiento			
Operario	X		
Especificaciones de Seguridad			
Verificar que la máquina este apagada. Desconectar la máquina de la toma eléctrica antes de la actividad mecánica. Después de finalizar la actividad, conectar nuevamente la máquina a la toma eléctrica.			
Procedimiento			
Quite la tapa trasera del equipo. Inspeccione visualmente los dientes de los engranes. Si los engranes tienen un buen estado (poco desgaste en los dientes, ningún diente oxidado o partido), ponga de nuevo la tapa trasera y finalice la actividad. Por el contrario, si los dientes de los engranes presentan desgaste severo o están partidos, se debe informar sobre el daño para que sean reemplazados inmediatamente.			
Tiempo estimado de ejecución			20 min aprox.

Figura 51. Actividad mecánica para Máquina Tampográfica. Elaboración propia.

8.6.6. Diseño de las tablas de control.

Las tablas de control consisten en los cronogramas de actividades que se realizan con el fin de tener una guía diaria, semanal y mensual de todas las acciones de mantenimiento necesarias para tener un correcto estado y disposición del equipo productivo. Cada actividad recibió un código de identificación el cual puede servir para varias máquinas siempre y cuando se defina la frecuencia de ejecución. Para ello, se diseñaron tablas de control específico y general.

8.6.6.1. Tablas de control de cada equipo productivo. Muestra cronograma de actividades.

Tabla 46.

Tabla Control Especifico de Máquina Tampográfica y Litográfica

Máquina Tampográfica y Litográfica						
Actividades \ Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
A03	X		X		X	
R02		X		X		X
B02	X	X	X	X	X	X
B03	X	X	X	X	X	X

Nota. Elaboración propia.

Tabla 47.

Tabla Control General de Máquina Tampográfica y Litográfica

Máquina Tampográfica y Litográfica																								
Actividades \ Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A01																				X				
A02				X				X				X				X				X				X
E01																						X		
E02												X												X
E04												X												X
E05								X								X								X
R01																				X				
R03																								X
R04								X								X								X
R07												X												X
B01												X												X
M01				X				X				X				X				X				X

Nota. Elaboración propia.

Tabla 48.
Tabla Control Especifico de Máquina Bordadora

Máquina Bordadora						
Días \ Actividades	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
A03	X		X		X	
R02		X		X		X
B02	X	X	X	X	X	X
B03	X	X	X	X	X	X

Nota. Elaboración propia.

Tabla 49.
Tabla Control General de Máquina Bordadora

Máquina Bordadora																								
Semanas \ Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A01																				X				
A02					X					X					X				X				X	
E01															X									
E02												X												X
E03												X												X
E04										X										X				
E05								X								X								X
R03																								X
R04								X								X								X
R07												X												X
B01								X								X								X
M01				X				X			X				X				X					X

Nota. Elaboración propia.

Tabla 50.
Tabla Control Especifico de Máquina de coser Ultrasonido

Máquina de coser Ultrasonido						
Días \ Actividades	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
R02		X		X		X
B02	X	X	X	X	X	X
B03	X	X	X	X	X	X

Nota. Elaboración propia.

Tabla 51.
Tabla Control General de Máquina de coser Ultrasonido

Máquina de coser Ultrasonido																										
Semanas \ Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
E01															X											
E02												X													X	
E04										X										X						
E05								X								X									X	
R03																									X	
R04								X								X									X	
R07												X													X	
B01								X								X									X	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 52.
Tabla Control Especifico de Sublimadoras 3 en 1 y Bandeja plana

Sublimadoras 3 en 1 y Bandeja plana						
Días \ Actividades	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
R02		X		X		X
B02	X	X	X	X	X	X
B03	X	X	X	X	X	X

Nota. Elaboración propia.

Tabla 53.
Tabla Control General de Sublimadoras 3 en 1 y Bandeja plana

Sublimadoras 3 en 1 y Bandeja plana																										
Semanas \ Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
E01															X											
E02												X													X	
E04										X										X						
E05								X								X									X	
R01												X													X	
R04								X								X									X	
B01								X								X									X	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 54.
Tabla Control Especifico de Máquina Argolladora

Máquina Argolladora						
Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
R02		X		X		X
B02	X	X	X	X	X	X
B03	X	X	X	X	X	X

Nota. Elaboración propia.

Tabla 55.
Tabla Control General de Máquina Argolladora

Máquina Argolladora																									
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
R01												X												X	
R04								X								X								X	
R05												X												X	
R06								X								X								X	
B01								X								X								X	

Nota. Elaboración propia.

8.7. Indicadores para medir el desempeño de los procesos de mantenimiento

Para hacer un seguimiento y medición del desempeño que tiene la empresa Publicidad & Impresos con relación a la gestión de mantenimiento planteada en este proyecto, se hará un diseño de indicadores TPM adecuados para tratar las fallas de los equipos productivos. Los indicadores están directamente relacionados con los costos de producción.

Estos indicadores sirven de guía para tener un mejor control de la problemática productiva de la empresa Publicidad & Impresos.

Tabla 56.
Indicadores de mantenimiento y calidad

Indicador	Formula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Numero de defectos que fueron pasados sin detectar	Numero de defectos pasados al proceso siguiente	0	Mensual	Error de inspección y la toma de muestras

Número de reclamaciones de clientes	Número de reclamaciones de clientes actual	0	Mensual	Mantener un margen de 0
Costo de reparación de los fallos inesperados	Tendencias existentes en los costos de reparación de fallos inesperados	Según las metas anuales	Semestral	Comparar situación anterior sin la aplicación TPM
Porcentaje de reducción de los costos de mantenimiento	Tendencia existente en la reducción de los costos de mantenimiento	Según las metas anuales	Semestral	Comparar situación anterior sin la aplicación TPM
Porcentaje de los costos mantenimiento	$\frac{\text{Costo total del mantenimiento}}{\text{Costos totales de producción}} \times 100$	Según las metas anuales	Semestral	Indica la proporción de los costos de mantenimiento sobre el costo total de producción
Costos de mantenimiento unitario	$\frac{\text{Costos de mantenimiento}}{\text{Volumen de producción}}$	Según las metas anuales	Semestral	Costos de mantenimiento por unidad de producto
Frecuencia de fallos	$\frac{\text{Número total de procesos con fallos}}{\text{Número total de procesos}}$	0	Mensual	Aplica para las paradas de 10 minutos o más
Porcentaje de la gravedad de fallos	$\frac{\text{Tiempo de paradas debido a fallos}}{\text{Tiempo total del proceso productivo}} \times 100$	5 % o menos.	Mensual	Mantener un margen bajo del tiempo total de paradas
Costos de paradas debido a fallos	Tiempo de paradas x Costo / unidad de tiempo	Minimizar	Mensual	Se incluye la producción perdida, costos de energía y costos de horas perdidas del personal
Número de pequeñas paradas y tiempos de inactividad	Tendencia en el número de pequeñas paradas y tiempos inactivos	0	Mensual	Trata el número de pequeñas paradas y tiempos inactivos menores de 10 min
Reducción en el uso de repuestos	Tendencia existente en el uso dado en los repuestos	Según las metas anuales	Semestral	Comparación con años anteriores.

Nota. Juan Morales (s.f.).

Los indicadores de la tabla 56 permiten hacer una medición y seguimiento del desempeño que tiene la empresa Publicidad & Impresos en cuanto a la gestión de mantenimiento planteada en este proyecto de investigación. Anexo a eso, se mostrará en la tabla 57 un indicador 5s que permite complementar la medición de toda la gestión de mantenimiento planteada.

Tabla 57.
Indicador 5s

Publicidad & Impresos	Encargado:	Fecha: / /
Ítem a evaluar	Decisión	
	Cumple	No Cumple
Clasificación		
¿Los objetos considerados necesarios para el desarrollo de las actividades del área se encuentran organizados?		
¿Existen equipos, herramientas y materiales innecesarios?		
¿Hay objetos, materiales o cables en áreas de circulación?		
Organización		
¿Se dispone de un sitio adecuado para cada elemento que se ha considerado como necesario?		
¿La disposición de los elementos es acorde al grado de utilización de los mismos? Entre más frecuente más cercano.		
¿Hacen uso de herramientas como códigos de color, señalización, hojas de verificación?		
Limpieza		
¿El área de trabajo se encuentra absolutamente limpia?		
¿Se han eliminado las fuentes de contaminación? No solo la suciedad		
¿Existe una rutina de limpieza por parte de los operarios del área?		
Estandarización		
¿Existen herramientas de estandarización para mantener la organización, el orden y la limpieza identificados?		
¿En el período de evaluación, se han presentado propuestas de mejora en el área?		
¿Se utiliza evidencia visual respecto al mantenimiento de las condiciones de organización, orden y limpieza?		
Disciplina		
¿Existe proactividad en el desarrollo de la metodología 5s?		

¿Existe respeto por los estándares establecidos, y por los logros alcanzados en materia de organización, orden y limpieza?		
¿Se encuentran visibles los resultados obtenidos por medio de la metodología?		
Total de ítems cumplidos		
Promedio (%) de ítems cumplidos	$\frac{\text{Ítems cumplidos}}{\text{Total de ítems}} \times 100$	

Nota. Elaboración propia.

8.7.1. Ejemplo de la aplicación de algunos indicadores.

Para el caso del mantenimiento, se escogió uno de los indicadores que calcula la frecuencia de fallos de las máquinas, con el fin de ponerlo en práctica en el área de producción. Se tiene en cuenta que para el año 2018, se presentó 249 averías debido a los desgastes y el rendimiento forzado de los equipos productivos. Además, se hizo un total de 483 procesos productivos.

$$\frac{249 \text{ procesos con averías}}{483 \text{ procesos productivos}} = 51,55\% \quad (1)$$

En conclusión, se tiene una frecuencia de 51,55% con relación a los fallos de los equipos productivos. Lo anterior, significa que se debe minimizar el porcentaje, siguiendo la correcta gestión de mantenimiento que está enfocada en el cuidado y mejora del rendimiento de los equipos.

Para el caso de la metodología 5s, se pondrá en práctica el indicador sobre el promedio de ítems que se cumplieron en un mes. La idea es que este promedio se acerque lo mejor posible al 100%.

$$\frac{20 \text{ ítems cumplidos}}{26 \text{ ítems en total}} = 76,92\% \quad (2)$$

Se va a suponer que en un mes se logró cumplir 20 ítems de 26, lo que indica que se tuvo un promedio de 76,92% de cumplimiento de la metodología 5s.

8.8. Análisis del Costo – Beneficio para la Gestión de Mantenimiento

A continuación, como último objetivo, se hará una comparación del antes y después de la empresa con relación a la aplicación de la gestión de mantenimiento diseñada, teniendo en cuenta los costos de averías en equipos, los costos por retraso de la entrega de pedido, entre otros detalles.

Tabla 58.
Análisis del Costo para la Gestión de Mantenimiento

Análisis del Costo para la Gestión de Mantenimiento						
Situación productiva de la empresa antes de la gestión de mantenimiento			Situación productiva de la empresa después de la gestión de mantenimiento			
Análisis de Costos de averías						
Fallas más frecuentes	Numero de averías en el año 2018	Costo total	Gestión de mantenimiento	Disminución del número de averías en 55% para un año	Costo total aproximado reducido en 55%	Ahorro de la empresa
Fatiga y rotura de piezas	249 averías	\$ 29 785 400	M. Planificado	112 averías	\$ 13 403 430	\$ 29 785 400 menos \$ 13 403 430 da como resultado un ahorro de \$ 16 381 970
Desgaste de piezas			M. Autónomo			
Falta de capacitación en el operario			Método 5S			
En los próximos años las averías se pueden reducir en más del 60%						
Análisis de Costos por retraso en la entrega de pedido						
Fallas más frecuentes	Número de pedidos retrasados en el año 2018	Costo total aproximado (lo que pierde la empresa)	Gestión de mantenimiento	Retraso de pedidos actual, reducido en 80% para próximo año	Costo total aproximado reducido en 80% para siguiente año	Ganancia de la empresa aproximada para el siguiente año
Fatiga y rotura de piezas	9500 pedidos retrasados	\$ 62 525 000	M. Planificado	1900 pedidos retrasados aproximados	\$ 12 505 000 Lo que pierde la empresa será más bajo	\$ 62 525 000 menos \$ 12 505 000 da como resultado la ganancia de \$ 50 020 000
Desgaste de piezas			M. Autónomo			
Falta de capacitación en el operario			Método 5S			
Para los próximos años se puede alcanzar el 100% en la disminución de los retrasos de pedidos						

Nota. Elaboración propia.

Tabla 59.
Análisis del Beneficio para la Gestión de Mantenimiento

Análisis del Beneficio para la Gestión de Mantenimiento	
Situación productiva de la empresa antes de la Gestión de Mantenimiento	Situación productiva de la empresa después de la Gestión de Mantenimiento
Falta de señalizaciones informativas y de precaución en las áreas de trabajo.	Mejora de la identificación visual en las zonas de riesgo y puntos clave del área de trabajo
Planes de mantenimiento mal gestionados y poco constantes	Implementación del plan de mantenimiento programado y autónomo
Poca intervención en la limpieza, lubricación y ajuste de los equipos productivos	Con el mantenimiento autónomo, se hace énfasis en la limpieza, lubricación y ajuste
Poca intervención en la clasificación e identificación de materiales necesarios e innecesarios	A partir de la implementación de la metodología 5s, se podrá identificar los desperdicios y los materiales útiles.
Poca intervención en el orden y limpieza de las áreas de trabajo	La metodología 5s capacita a los operarios para limpiar y ordenar los equipos y entornos
Falta de motivación y disciplina de los operarios en el área de trabajo y equipos.	La metodología 5s promueve la motivación de los operarios y la mejora constante del trabajo

Nota. Elaboración propia.

Conclusiones

Durante el desarrollo de la investigación sobre los fallos en los equipos de producción, se realizó de forma concisa un control estadístico donde se identifica un total de 249 averías y un total de 32 721 minutos de avería para el año 2018. A partir de los datos obtenidos, se hace un plan de acción relacionado con el análisis del desempeño y orígenes de fallas en los equipos.

Para el análisis del desempeño se usó principalmente la herramienta OEE (Efectividad Global de los Equipos) seguido de una recolección de datos relacionado con el cumplimiento de las entregas de pedido. En promedio, se obtuvo un porcentaje OEE de 56,19% el cual indica un rendimiento poco aceptable para los equipos productivos, en donde se generan retrasos en la fabricación y entrega de los artículos promocionales demandados.

Por medio del AMEF y otras herramientas de calidad, se identificó los orígenes y causas de las fallas en equipos productivos, lo cual sirvió de mucha ayuda para diseñar una propuesta de mantenimiento enfocada no solo en el cuidado de la maquinaria sino también en el cuidado del entorno.

La gestión de mantenimiento para la empresa Publicidad & Impresos, fue diseñada teniendo en cuenta el problema de las averías. Se hizo la elección de dos pilares TPM los cuales son: el mantenimiento autónomo y el mantenimiento programado. Para complementar el diseño de mantenimiento, se añadió la metodología 5s. A partir de la gestión de mantenimiento, se organizó los tiempos y actividades de mantenimiento necesarias para garantizar el buen estado de los equipos. Anexo a eso, se hizo un plan de acción enfocado en la clasificación de materiales según su importancia, organización y limpieza dentro del área de trabajo, asegurando la disciplina constante de los operarios en los procesos productivos.

Se diseñó indicadores TPM que permiten mantener el buen seguimiento y cumplimiento de la gestión de mantenimiento. También, se hizo un análisis de los beneficios y reducción de costos que puede generar la empresa Publicidad & Impresos, siempre y cuando aplique correctamente la gestión de mantenimiento.

Recomendaciones

Para que la gestión de mantenimiento genere buenos resultados, es importante que la empresa tenga mucha colaboración, responsabilidad y buen seguimiento de los parámetros establecidos.

La empresa debe aplicar todos los formatos, procesos y herramientas suministradas en el trabajo de grado con el fin de observar mejoras notables en la productividad.

La empresa puede mejorar y ampliar el estudio de averías, actualizando datos, rediseñando los formatos de mantenimiento, herramientas de calidad como el AMEF y el indicador OEE, con el fin tener una mejor precisión en la búsqueda de las causas y efectos de fallos, y controlar de una mejor manera el desempeño productivo de los equipos.

La gestión de mantenimiento planteada en este trabajo de grado, se puede escalar o aplicar como guía en otras empresas del sector productivo. También, se puede ampliar la investigación de averías a partir del tema de estudio sobre confiabilidad.

Referencias

- Aguiar Guzmán, L.J. y Rodríguez Borja, H.A. (2014). *Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas no. 3*. (Trabajo de Grado, Universidad Libre de Colombia.) Recuperado de:
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7838/Doc%20Final%20Proyecto%20A-rmando%20y%20Leonardo%20sustentacion.pdf?sequence=1>
- Algorta, I. *Análisis de Falla de una Pieza en una Empresa Automotriz*. (Trabajo de Grado, Instituto Tecnológico de Buenos Aires) Recuperado de:
<https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/884/Proyecto%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Angel Gasca, R. D. y Olaya Vargas, H.M. (2014). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Agroangel*. (Trabajo de Grado, Universidad Tecnológica de Pereira.) Recuperado de:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4620/6200046A581.pdf;sequence=1>
- Barreda Beltran, S. (2015). *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la EDAR de Nules-Vilavella*. (Trabajo de Grado, Universitat Jaume Nules-Vilavella.) Recuperado de:
http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/128127/TFG_2015_BarredaBeltran_S.pdf?sequence=1
- Castillo, Y. (2014). *Mantenimiento industrial*. Monografias. Recuperado de:
<https://www.monografias.com/trabajos101/el-mantenimiento-industrial/el-mantenimiento-industrial.shtml>
- Cruelles, J. (2015). *Beneficios de la integración de las 5S en el proceso productivo*. Iniciativas empresariales. Recuperado de:

<https://www.iniciativasempresariales.com/blog/beneficios-de-la-integracion-de-las-5s-en-el-proceso-productivo/>

Galván Romero, D. (2012). *Análisis de la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) mediante el modelo de opciones reales*. (Trabajo de Grado, Universidad Nacional Autónoma de México.) Recuperado de:
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5393/Tesis%20.pdf?sequence=1>

García, S. (2012). TPM – Total Productive Maintenance. MantenimientoPetroquímica.
Recuperado de: <http://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html>

Hernández, G. (2017). Diagrama de Pareto. Aprendiendo Calidad y ADR. Recuperado de:
<https://aprendiendocalidadyadr.com/diagrama-de-pareto/>

Ingrande, T. (2017). Las 5S: La cuestión de hábito y disciplina. Kailean Consultores. Recuperado de: <http://kailean.es/la-metodologia-de-las-5s/>

López Rodríguez, J.M. (2005). *Disminución de tiempos de paro por fallas de equipo*. (Trabajo de Grado, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Electricidad.) Recuperado de:
https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/4921/1/440_DISMINUCION%20DE%20TIEMPOS%20DE%20PARO%20POR%20FALLAS%20DE%20EQUIPO.pdf

Mallofré, J.M. (2013). *Tratamiento de las averías en las mercancías transportadas en contenedor Dry Box*. (Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya.) Recuperado de:
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/7003/01Jmm01de07.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Méndez, A. (2019). Implementación de las 5s en una empresa: Metodología y Ejemplos. Plan de mejora. Recuperado de: <https://www.plandemejora.com/implementacion-de-la-metodologia-de-las-5s-en-una-empresa/#toggle-id-2>

- Montaña Beltrán, E. (2006). *Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para maquinas impresoras con base en el proceso productivo de la imprenta nacional de Colombia*. (Trabajo de grado, Universidad de la Salle). Recuperado de:
<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/2161/TM91.06%20M762d.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morales, J. (s.f.). Estudio sobre el Estado de Situación de la Implementación del TPM en Chile. Mantenimiento Planificado. Recuperado de:
http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm_archivos/4.6%20indicadores%20TPM.pdf
- Nieto, S. (2009). Historia del mantenimiento. Blogger. Recuperado de:
<http://mantenimientosindustriales2009.blogspot.com/2009/05/historia-del-mantenimiento.html>
- Olarte, W., Boteño, M., y Cañon, B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia et Technica*, 16(44). Recuperado de:
<https://dialnet.unirioja.es>
- s.n. (1998). Política y legislación ambiental. Foro Nacional Ambiental. Recuperado de:
<https://www.foronacionalambiental.org.co/nuestros-temas/politica-ambiental-nacional/>
- s.n. (2009). Normatividad de diseño gráfico y textil. DM Propiedad Industrial. Recuperado de:
<https://dmpropiedadindustrial.com.co/derechos-de-autor-en-dise%C3%B1o-de-modas.php>
- s.n. (2011). Mantenimiento Industrial. EcuRed. Recuperado de:
https://www.ecured.cu/Mantenimiento_industrial#Principios_b.C3.A1sicos_para_la_organizaci.C3.B3n_del_mantenimiento
- s.n. (2015). AMEF Analisis de Modo y Efecto de Falla. Lean Solutions. Recuperado de:
<https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

- s.n. (2016). Normatividad en Seguridad y Salud en el trabajo. ISOTools. Recuperado de:
<https://www.isotools.com.co/normativa-en-seguridad-y-salud-en-el-trabajo-en-colombia/>
- s.n. (2017). ¿Qué es el TPM?. Qualitymant. Recuperado de: <https://qualitymant.com/que-es-el-tpm/>
- s.n. (2018). Mantenimiento Industrial. Aerorental. Recuperado de:
<https://www.aerorental.com.co/mantenimiento-industrial-importancia/>
- s.n. (2019). Mantenimiento. Wikipedia. Recuperado de:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento>
- s.n. (s.f.). Historia del mantenimiento industrial. Mantenimiento. Recuperado de:
<https://mantenimiento.win/historia-del-mantenimiento-industrial/>
- Salazar, B. (2016). Mantenimiento Productivo Total (TPM). Ingenieria Industrial Online. Recuperado de: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Touron, J. (2016). Definición del OEE. Sistemas OEE. Recuperado de:
<https://www.sistemasoe.com/definicion-oe/>
- Vallés, A. (2017). El árbol de problemas. La caja de las habilidades. Recuperado de:
<http://www.myadriapolis.net/2017/11/el-arbol-de-problemas.html>
- Vargas, H. (2012). Manual de Implementación del programa 5s. Corporación Autónoma Regional de Santander. Recuperado de:
<http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/5s/2.pdf>
- Vera Muñoz, H. (2011). *Aplicación de la metodología análisis causa raíz (RCA) para la eliminación de un mal actor en equipos críticos de la SOM- Ecopetrol S.A.* (Trabajo de Grado, Universidad Industrial de Santander.) Recuperado de:
<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/138036.pdf>

Anexos

Carta de aprobación del anteproyecto de Tesis

**TALLERES ARTEGRÁFICOS**

PAPELERÍA COMERCIAL	SERIGRAFÍA INDUSTRIAL	PUBLICIDAD EXTERIOR
LIBROS, REVISTAS, FOLLETOS, CATÁLOGOS, LIBRETAS, HOJAS MEMBRETEADAS, ETIQUETAS AUTOADHESIVAS, TARJETAS ESPECIALES Y PERSONALES, AGENDAS ESCOLARES.	ESTAMPADOS EN TEXTILES, CINTAS CAMISETAS, SUDADERAS, CORDÓN PUBLICITARIO, CARNET EN PVC, PLACAS EN CARTÓN, VIDRIO, METAL Y EN OTRAS SUPERFICIES, SELLOS DE CAUCHO, ESFEROS, LLAVEROS.	PENDONES DIGITALES, AVISOS PANAFLEX, DIGITAL, METAL, MADERA, RELIEVES, VALLAS, PAN CARTAS, MURALES, CALCULOS ESTRUCTURALES, DISEÑO ARQUITECTÓNICO.

Bogotá D.C, 04 de Julio de 2019

Ingeniero(a)
Ricardo Meza
Director Programa de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
Universitaria Agustiniiana

Asunto: Aceptación Trabajo de Grado

Me permito informarle mediante el presente que la organización Publicidad & Impresos Hernando Arias acepto el desarrollo del trabajo de grado titulado: "Plan de mantenimiento programado para los procesos productivos de la empresa Publicidad & Impresos Hernando Arias usando la Filosofía TPM (Mantenimiento Productivo Total)", realizado por el estudiante Julian David Bermudez Puentes, Código: 2020151017.

Adicionalmente manifiesto haber revisado el anteproyecto en su totalidad, dando el aval para su respectiva evaluación.

Atentamente,

Hernando Arias Marroquin
C.C. No. 19.387.589 de Bogotá
Representante Legal.