



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ingenierías

PROYECTO DE TITULACIÓN

*[INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA LINEA DE PRODUCCION
ROTOGRABADO EN LA EMPRESA CARTWOOD S.A DE C.V.]*

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

JOSE MANUEL AGUILERA DE LA CRUZ

ASESOR:

I.I. JANETTE ALEJANDRA CERVANTES VILLAGRAN



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PABELLÓN DE ARTEAGA, AGS.
TECNM CAMPUS PABELLÓN DE ARTEAGA

JOSÉ MANUEL AGUILERA DE LA CRUZ

***INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN ROTOGABADO
EN LA EMPRESA CARTWOOD S.A DE C.V***



Índice

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN.....	2
CAPITULO 1	3
GENERALIDADES DEL PROYECTO	3
1.1 <i>Introducción</i>	3
1.2 <i>Descripción de la empresa u organización y puesto o área del trabajo del residente.</i>	4
1.2.1 <i>Área de trabajo.</i>	6
1.2.2 <i>Actividad que desempeño.</i>	7
1.3 <i>Problemas a resolver, priorizándolos.</i>	8
1.4 <i>Justificación.</i>	10
1.5 <i>Objetivos (General y específicos).</i>	13
1.5.1 <i>General.</i>	13
1.5.2 <i>Específicos.</i>	13
CAPITULO 3	14
MARCO TEORICO	14
3.1 <i>Mantenimiento.</i>	14
3.1.1 <i>Historia del mantenimiento.</i>	14
3.1.2 <i>Definición de mantenimiento.</i>	15
3.1.3 <i>Ventajas y desventajas.</i>	15
3.1.4 <i>Tipos de mantenimiento.</i>	16
3.2 <i>Mantenimiento preventivo.</i>	17
3.2.1 <i>¿Qué es el mantenimiento preventivo?</i>	17
3.2.2 <i>Ventajas y desventajas.</i>	17
3.2.3 <i>Importancia</i>	18
3.2.4 <i>Tipos de mantenimientos preventivos.</i>	18
3.3 <i>Mantenimiento correctivo.</i>	19
3.3.1 <i>¿Qué es el mantenimiento correctivo?</i>	19
3.3.2 <i>Ventajas y desventajas.</i>	20
3.3.3 <i>Importancia.</i>	20
3.3.4 <i>Tipos de mantenimientos correctivos.</i>	21

3.4 Mantenimiento predictivo.	21
3.4.1 ¿Qué es el mantenimiento predictivo?	21
3.4.2 Ventajas y desventajas.	22
3.4.3 Importancia.	22
3.4.4 Técnicas utilizadas en el mantenimiento predictivo.	23
3.5 Filosofía TPM (Total Productive Maintenance).	25
3.5.1 ¿Qué es el Mantenimiento Productivo Total (TPM)?	25
3.5.2 ¿Para qué se implementa la filosofía TPM?	26
3.5.3 TMP en la industria.	27
3.5.4 Pilares del Mantenimiento Productivo Total.	28
3.5.5 Implementación de un TPM.	29
3.6 Mantenimiento autónomo.	30
3.6.1 ¿Qué es el mantenimiento autónomo de acuerdo con la filosofía TPM?	30
3.6.2 Pasos para aplicar un mantenimiento autónomo.	31
3.6.3 Ventajas y desventajas.	32
3.7 Evento Kaizen	33
3.7.1 ¿Que es un evento Kaizen?.....	33
3.7.2 Importancia de un evento Kaizen.	34
3.7.3 Beneficios.	34
3.7.4 Aplicación de un evento Kaizen.	36
3.8 Capacitación.	37
3.8.1 ¿Qué es la capacitación?.....	37
3.8.2 Importancia de la capacitación.	37
3.8.3 Ventajas y Desventajas.	38
3.9 Indicadores de mantenimiento y desempeño.	38
3.9.1 MTBF (Tiempo medio entre fallos).	38
3.9.2 MTTR (Tiempo medio entre reparaciones).	39
3.9.3 Disponibilidad.	39
3.9.4 Productividad.	40
3.9.5 Fiabilidad.	40
3.10 Herramientas de calidad.	40
3.10.1 ¿Qué son las herramientas de calidad?	40
3.10.2 ¿Para qué sirven?	41

3.10.3 Herramientas básicas de calidad.....	41
3.10.4 Diagrama de Pareto.	45
3.10.5 Diagrama Causa – Efecto.	46
3.11 Softwares de análisis estadístico.....	47
3.11.1 ¿Qué es un software estadístico?	47
3.11.2 Tipos de softwares estadísticos.	47
3.11.3 Minitab.	48
3.11.5 Microsoft Excel.	49
CAPITULO 4	50
DESARROLLO	50
4.1 Metodología de trabajo.	50
4.2 Descripción y diagnostico general de los equipos en la línea de producción Rotograbado.	54
4.2.1 Proceso de impresión del cartón.	54
4.3 Identificación de equipos con mayor número de fallos y paros.	61
4.4 Realización de registro sobre intervenciones de mantenimiento.....	66
4.5 Determinación de tipos de fallos y frecuencias.	69
4.6 Identificación de riesgos en base a los fallos.	75
4.7 Generación de propuestas.....	84
4.7.1 Capacitación de personal.....	86
4.7.2 Implementación de mantenimiento autónomo.....	93
CAPITULO 5	98
RESULTADOS	98
CAPITULO 6	109
CONCLUSIONES	109
6.1 Recomendaciones.....	110
CAPITULO 7	112
COMPETENCIAS DESARROLLADAS	112
CAPITULO 8	113
FUENTES BIBLIOGRAFICAS	113
CAPITULO 9	116
ANEXOS	116

Índice de Figuras

Figura 2. Empaque de cartón.....	5
Figura 3. Cámara termografía.....	23
Figura 4. Analizador de variaciones.....	24
Figura 5. Medidor de ultrasonido	25
Figura 6. Ejemplo de diagrama de flujo	42
Figura 7. Ejemplo de hoja de verificación	43
Figura 8. Ejemplo de diagrama de flujo	43
Figura 9. Ejemplo de diagrama de dispersión	44
Figura 10. Ejemplo de grafico X-R	45
Figura 11. Diagrama de Pareto (80-20).....	45
Figura 12. Diagrama causa – efecto	46
Figura 13. Tipos de softwares de análisis estadístico	48
Figura 14. Interfaz de software Minitab 2017	48
Figura 15. Interfaz de software Microsoft Excel	49
Figura 17. Rodillos del embossing	51
Figura 18. Tornillo capado en rodillo de carro.....	52
Figura 19. Chumaceras dañadas	53
Figura 20. Caja de cigarrillos Malboro	54
Figura 21. Sección de portabobina.....	55
Figura 22. Sección de cuerpos de impresión	56
Figura 23. Bobina impresa.....	56
Figura 24. Sección de troquelado.....	57
Figura 25. Troquelado del cartón.....	57
Figura 26. Producto terminado e inspección de calidad	58
Figura 27. Formato de solicitud de mantenimiento	67
Figura 28. Registro y control de solicitudes de mantenimiento	68
Figura 29. Serie de pasos para determinar fallos.....	70
Figura 30. Fallos más frecuentes.....	71
Figura 31. Encuesta en plataforma Google Forms	72
Figura 32. Respuestas de encuesta	73
Figura 33. Diagrama causa – efecto sobre tornillos capados	74
Figura 34. Diagrama causa – efecto sobre presiones incorrectas a rodillos	75

Figura 35. Diagrama causa – efecto sobre desgaste de componentes	75
Figura 36. Tornillo cabeza Allen capado	76
Figura 37. Rodillos del embossing dañados	76
Figura 38. Rodamiento dañado.....	77
Figura 39. Intervención del personal de mantenimiento	82
Figura 40. Daño en espiga de rodillo	83
Figura 41. Rodillo en reparación con proveedor	84
Figura 42. Formato de Hoja de registro de capacitación	88
Figura 43. Hoja de registro de capacitación para torque a tornillos	89
Figura 44. Primer evento de capacitación.....	90
Figura 45. Hoja de registro de capacitación para aplicación de presiones	91
Figura 46. Segundo evento de capacitación.....	92
Figura 47. Hoja de registro de capacitación para revisión y mantenimiento.....	92
Figura 48. Tercer evento de capacitación	93
Figura 49. Recaudación de información relevante	94
Figura 50. Formato de mantenimiento autónomo	95
Figura 51. Formato con actividades de mantenimiento autónomo maquina R1	96
Figura 52. Formato con actividades de mantenimiento autónomo maquina R2	97
Figura 53. Primer evento de capacitación concluido	99
Figura 54. Segundo evento de capacitación concluido	99
Figura 55. Tercer evento de capacitación concluido	100
Figura 56. Personal supervisado en actividades de mantenimiento autónomo	102
Figura 57. Formato realizado de mantenimiento autónomo maquina R1	103
Figura 58. Formato realizado de mantenimiento autónomo maquina R2	103
Figura 59. Áreas de trabajo limpias.....	104
Figura 60. Resultados de disponibilidad en máquinas R1 y R2.....	107
Figura 61. Resultados de tiempo medio entre fallos en maquina R1 y R2 (.....	107
Figura 62. Make Ready, área de limpieza de carros de impresión	116
Figura 63. Rodillos dañados por daño en cuerda por tornillos capados	116
Figura 64. Falta de limpieza en carros y cilindros de impresión	117

Índice de tablas

Tabla 1.1 Misión, visión, filosofía y política de calidad.....	6
Tabla 1.2 Equipos de rotograbado	11
Tabla 1.3 Pasos para la implementación del TPM	30
Tabla 1.4 Diagnostico de maquina C1	59
Tabla 1.5 Diagnostico de maquina C2	59
Tabla 1.6 Diagnostico de maquina R1	60
Tabla 1.7 Diagnostico de maquina R2	61
Tabla 1.8 Diagnostico de maquina Z1.....	61
Tabla 1.9 Información relevante de máquinas	62
Tabla 1.10 Datos para indicadores	63
Tabla 1.11 Resultado de indicadores.....	65
Tabla 1.12 Pasos a seguir en el registro.....	70
Tabla 1.13 Preguntas para encuesta	72
Tabla 1.14 Riesgos generados por fallos.....	82
Tabla 1.15 Puntos de la capacitación	86
Tabla 1.16 Personal para capacitación	89
Tabla 1.17 Nuevos datos para indicadores	105
Tabla 1.18 Resultado de indicadores.....	106
Tabla 1.19 Resultados de fiabilidad.....	108

AGRADECIMIENTOS

Agradecer especialmente a mis padres y hermanas por todo el apoyo brindado a lo largo de mi formación profesional, ya que, sin su apoyo, ánimos, consejos, comprensión, esto no fuese posible de culminar, debido que desde un principio el apoyo nunca faltó, las buenas vibras, muchas gracias a ellos en especial.

Agradecer por otra parte a la Dra. Nivia Iracemi Escalante García la cual fue una gran persona que me ayuda mucho en mi formación profesional y apoyo durante mi residencia profesional, brindándome herramientas, consejos y en especial su apoyo incondicional.

Agradecer también al Mtro. Israel Álvarez Ramírez el cual fue una persona que siempre me apoyo en el transcurso de mi residencia profesional, en especial por siempre estar dándome buenos consejos y asesorías para poder mejorar cada día.

Al Mtro. José Guillermo Batista Ortiz el cual le agradezco ya que fue una persona que me ayudo bastante en el transcurso de mi formación profesional brindándome infinidad de conocimientos y consejos.

Por último, agradecer a la Mtra. Janette Alejandra Cervantes Villagrán por todo el apoyo que me brindo como mi asesora en mi último semestre de mi carrera universitaria.

¡Gracias...!

RESUMEN

El presente documento muestra las actividades realizadas dentro de la línea de producción rotograbado en la empresa CARTWOOD S.A de C.V en la cual se lleva a cabo el proceso de impresión del cartón, mediante un conjunto de máquinas de avance rotativo en los cuales las principales impresiones son de proveedores como cerveza Tecate, Michelob Ultra, Pacifico y tabaco como Malboro, Palmar, entre otros. Donde dichas maquinas contaban con una indisponibilidad de operación en momentos baja, por lo que se decidió identificar y determinar los tipos de fallos para en su momento poder reducirlos y poder incrementar su disponibilidad de trabajo.

El principal problema se basaba en los tiempos prolongados de indisponibilidad de las maquinas R1 y R2, debido a los números de fallos constantes de tipo mecánicos presentados por semana, lo que provocaba una indisponibilidad de ambas máquinas. Básicamente los problemas en que se enfocó el desarrollo del proyecto fueron en cuestión a la mala realización de actividades o tareas por parte del personal operativo debido a que gracias a su falta de conocimiento se ocasionaban a la larga un numero de fallos que provocaban un paro y por ende la indisponibilidad del equipo.

Donde se identificaron mediante herramientas y otras actividades los tipos de fallos más comunes presentados en el área de rotograbado, así como su frecuencia en cuestión a las maquinas R1 y R2 que ocasionan su indisponibilidad, para así poder ser atacados mediante serie de propuestas generadas con ayuda del personal y áreas de la empresa.

Dentro del desarrollo del proyecto se tuvo la participación y apoyo tanto del personal operativo, administrativo, así como también del personal del área de mantenimiento, con el propósito de identificar y determinar de mejor manera desde donde se presentaba la problemática para tomar acciones, generar propuestas y poder ser implementadas para la obtención de mejores resultados dentro de la línea de producción rotograbado.

CAPITULO 1

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Introducción

El presente documento muestra 8 capítulos, donde se llevó a cabo el desarrollo de un proyecto dentro de la empresa CARTWOOD S.A de C.V ubicada en el Parque San Francisco, Ags; específicamente dentro de la línea de producción Rotograbado en la cual se realiza el proceso de impresión del cartón desde la recepción de la materia prima hasta la obtención del producto terminado que son empaques de cartón listos para ser entregados al cliente donde se incrementara la disponibilidad de las maquinas R1 y R2 mediante una serie de actividades a lo largo del proyecto.

Actualmente la empresa trabaja para más de 40 sectores industriales a nivel mundial, por lo que busca cada vez mantener sus ocho procesos y numero de máquinas en óptimas condiciones para trabajar, donde pretende disponer de estas el mayor tiempo posible para responder en tiempo y forma a la demanda solicitada.

La línea de producción rotograbado, al ser una de las líneas más críticas dentro de la empresa dado que su proceso es de forma directa, se tiene una baja disponibilidad de las cinco maquinas (C1, C2, R1, R2 y Z1), de las cuales dos de ellas (R1 y R2) al ser las de mayor trabajo su disponibilidad suele variar, debido a los numero de fallos que se presentan tanto mecánicos como eléctricos, por lo que es importante aumentar cada vez su disponibilidad para trabajar de manera fluida sin paros que lleguen afectar tanto al producto como a la entrega final.

El área de rotograbado a lo largo de varios meses ha contado con una baja disponibilidad de las máquinas, debido a que desde hace tiempo hay maquinas que se encuentran fuera de operación, por lo que se requiere aumentar la disponibilidad para trabajar con todas las maquinas en conjunto para aumentar cada vez la producción.

Al ser maquinas que manejan un número elevado de rodillos, fallos de tipo mecánicos como tornillos capados, desgaste en rodamientos y chumaceras, atascamientos por mala aplicación de presión a fundas del embossing suelen ser de los más constantes dentro de las maquinas R1 y R2, debido a que no es solo por la parte técnica y funcional de la maquina sino también por la operación del personal.

Los tipos de fallos mecánicos más constantes dentro de las maquinas que afectan de gran manera la disponibilidad de estas suelen ser el capado de tornillería el cual es un fallo que suele presentarse gracias a que el personal no sabe dar el torque adecuado a los tornillos, el desgaste de chumaceras y rodamientos ocasionado por falta de limpieza y lubricación por el personal que los manipula y el atascamiento de fundas por mala aplicación de presiones a rodillos por la falta de conocimiento y experiencia del operador.

1.2 Descripción de la empresa u organización y puesto o área del trabajo del residente.

CARTWOOD S.A de C.V, es una empresa ubicada en el Parque Industrial San Francisco de los Romo, Aguascalientes como se muestra en la Figura 1; fundada en el año de 1986, la cual se dedica a la fabricación y comercialización de empaques impresos de cartón plegadizos y micro corrugados para más de 40 sectores industriales a nivel mundial, gracias a la tecnología de punta aplicada y la alta capacidad de producción instalada en las instalaciones más modernas de América.



Figura 1. CARTWOOD (Fuente: Google Maps, 2022).

Los productos que se fabrican dentro de CARTWOOD S.A de C.V, son parte de la vida diaria de las personas, puesto que proveen una amplia gama de productos (empaques) como, por ejemplo, alimentos, bebidas, licores, tabaco, higiene personal, confitería, productos para el hogar, medicamentos, entre otros como se muestra en la Figura 1.2.



Figura 2. Empaque de cartón (**Fuente:** Elaboración propia).

Si bien, para satisfacer las necesidades de sus clientes cuenta con oficinas de venta en la Ciudad de México y Estados Unidos, además de su propia planta de alto volumen ubicada en Aguascalientes, con más de 56,000 m² de instalaciones techadas y 75,000 m² de modernas y espaciosas instalaciones equipadas con tecnología de punta, donde procesan más de 15,000 toneladas de cartón y papel al mes.

Cuentan con una misión, visión, filosofía y política de calidad la cual los ha llevado a ser una empresa fabricante de empaques de cartón bastante reconocida como se muestra en la Tabla 1.1.

Misión	Fabricar y comercializar empaques de cartón plegable y micro corrugado que satisfagan las expectativas y requerimientos de nuestros clientes, para generar bienes, empleos, utilidades y beneficios de alto impacto social y así preservar así nuestro medio ambiente.
---------------	--

Visión	Satisfacer las necesidades de nuestros clientes, a través de nuestros productos.
Filosofía	Ser una empresa comprometida con sus clientes, donde se busca la mejora continua y el liderazgo, principalmente en costo, calidad y garantía, para que nuestros productos sean reconocidos en los mercados competitivos, además de estar comprometidos con el capital humano y el bienestar social; para así desarrollar y trabajar con un alto sentido de pertenencia.
Política de calidad	En CARTWOOD S.A de C.V fabricamos cajas de cartón corrugado y empaques plegadizos de cartón en el que se prioriza ante todo momento la satisfacción del cliente y la máxima calidad de nuestros productos. Estamos comprometidos con el cuidado y preservación del medio ambiente y con el respeto al marco legal establecido. Sabemos que con la ayuda de nuestro sistema de gestión de calidad e inocuidad alcanzaremos nuestros objetivos y la mejora continua de nuestros productos.

Tabla 1.1 Misión, visión, filosofía y política de calidad (**Fuente:** CARTWOOD)

1.2.1 Área de trabajo.

Dentro del departamento de mantenimiento industrial en la empresa CARTWOOD S.A de C.V, específicamente el puesto de auxiliar de mantenimiento es el encargado de llevar a cabo el proceso de salidas y realización de requisiciones de material (maquinados y refacciones) necesarias para las máquinas de producción, así como de atender y mantener una relación constante con proveedores con la finalidad de dar un mejor seguimiento a las piezas para que estas se entreguen en tiempo y forma.

Así mismo se encarga de que el programa de mantenimiento preventivo hacia equipos y maquinas se lleve a cabo en tiempo y forma por el personal de mantenimiento (eléctricos y mecánicos), para poder llevar un registro y análisis de la información donde se

determina el porcentaje de cumplimiento del programa al final de mes, así como del personal que cumplió con su tarea y los que no.

1.2.2 Actividad que desempeño.

Dentro de la empresa CARTWOOD S.A de C.V, desempeño el puesto de Auxiliar de mantenimiento, donde llevo a cabo un proyecto que tiene como finalidad incrementar la disponibilidad de los equipos de producción en el área de Rotograbado puesto que dentro del proceso de fabricación de empaques de cartón dicha área es la que cuenta con mayor volumen de trabajo, por lo que la disponibilidad de las máquinas y la reducción de fallos es importante para que la producción no se vea afectada.

Así mismo ofrecer apoyo en distintas tareas como la realización de requisiciones de material y salidas para el área de mantenimiento ya sean tanto refacciones como maquinados de piezas para las máquinas.

Además de mantener diariamente relación con proveedores de maquinados brindándoles la atención para diferentes cuestiones como mediciones de piezas, aclaraciones, dudas y algún otro factor que intervenga.

Como auxiliar de mantenimiento tengo el cargo de llevar a cabo un control sobre el programa de mantenimiento preventivo a los equipos de forma bimestral de la manera más organizada con la finalidad de que se cumpla en tiempo y forma dicho mantenimiento. Además de apoyar al personal de mantenimiento en actividades como reparaciones de máquinas y otras tareas.

Hasta llevar un registro y análisis de información sobre todas las intervenciones de mantenimiento por parte del personal del área para determinar al final de mes que área tuvo más problemas en cuestión a fallas o inconvenientes que pudieran afectar tanto a los equipos como a la producción.

1.3 Problemas a resolver, priorizándolos.

Gran número de empresas que cuentan con grandes volúmenes de producción, tienden a presentar una serie de distintos problemas, por ejemplo, algunos de ellos suelen llegar a ser fallos en sus equipos, paros automáticos de las máquinas e indisponibilidad debido a la gran exigencia de las jornadas de trabajo en que operan o por razones externas a la máquina como lo es la falta de mantenimiento preventivo y la mala operación por parte del personal de producción.

En la empresa CARTWOOD S.A de C.V dentro de sus líneas de producción, específicamente la de rotograbado, existen problemas de disponibilidad en las máquinas para trabajar de manera continua y sin pausas en el proceso de fabricación de cajas de cartón, por lo que se desglosan a continuación los problemas encontrados que afectan directamente la disponibilidad:

1- Análisis actual de la problemática en la línea de producción rotograbado.

Se determinó que la problemática dentro de la línea de producción rotograbado radica básicamente en la indisponibilidad de las máquinas por cuestiones de fallos y paros en diferentes lapsos de tiempo durante las jornadas de trabajo.

2- Diagnóstico actual de los equipos de producción.

Mediante un diagnóstico actual de los equipos existentes en el área de rotograbado, se identifican diferentes factores como tipos de fallos más comunes, capacidad de trabajo, horarios en que se operan, etc.

3- Identificación de equipos con mayor número de paros.

Mediante el análisis de información y el uso de herramientas de calidad y gráficos como, por ejemplo, diagrama de Pareto, gráficos de barras, se determina cuáles son los equipos que cuentan con mayor número de paros dentro de la línea de producción rotograbado en determinados periodos de tiempo ya sea a la semana o al mes.

4- Falta de disponibilidad en equipos de producción.

Al hacer uso de herramientas como el diagrama causa-efecto, indicadores de disponibilidad se determinaría cuáles serían los factores que generaban la falta de disponibilidad en las máquinas.

5- Fallos constantes en las máquinas.

Esto impacta de gran manera a la línea de producción y a las máquinas, puesto que al ser una de las áreas más críticas en la empresa por el alto volumen de trabajo, al tener serie de fallos constantes la producción suele ser afectada y las maquinas requieren de la intervención de un mantenimiento correctivo.

6- Capacitación al personal operativo.

Al no contar con una buena capacitación y conocimiento por parte del personal que opera la maquina en ambos turnos, no se realizan de manera correcta distintas series de actividades en las maquinas las cuales llegan a ocasionar fallos en un lapso de tiempo.

7- Determinar una mejor programación de mantenimiento preventivo.

No se cuenta con un programa o formato de mantenimiento preventivo de manera diaria por parte del personal operativo, donde involucre factores importantes para las maquinas como, por ejemplo, limpieza, lubricación, etc.; en componentes críticos que lleguen a provocar un paro en automático.

8- Determinación de frecuencias de fallos.

Gracias al uso de indicadores de mantenimiento y desempeño se determinaría los tiempos entre fallos, tiempos entre reparaciones, la disponibilidad de la maquinaria, así mismo mediante un registro de intervenciones de mantenimiento.

9- Identificación de riesgos de acuerdo a los fallos.

Al momento de presentarse algún fallo en la maquinaria conlleva a distintos riesgos donde suele afectar de manera directa a la producción como a la maquinaria, debido al tiempo que se encuentra en paro la máquina y el no contar con refacción en almacén.

1.4 Justificación.

Actualmente en la empresa CARTWOOD, S.A de C.V, empresa dedicada a la fabricación de cajas de cartón plegadizo y micro corrugado dentro de sus procesos de producción cuentan con 6 áreas diferentes que son: rotograbado, corrugado, troquelado, hojeado, pegado y prensado donde en cada una de ellas se lleva a cabo un proceso diferente con el cartón para poder llegar a obtener como resultado final un contenedor bajo las características de calidad definidas por el cliente.

Dentro del proceso de producción existe una línea de producción denominada rotograbado, la cual consiste en un conjunto de máquinas de avance rotativo que dan forma a la caja de impresión desde la recepción de materia prima hasta el acabado final que en su caso sería el empaque como se muestra en la Tabla 1.2.

Es considerada una de las áreas más críticas dentro del proceso de producción de cajas de cartón debido a que se tiene mayor volumen de pedido y su proceso es en línea directa, además la línea de producción se compone de 5 equipos especializados: Cerutti #1 y #2, Lemanic, Riviera y una de respaldo Zerand.

EQUIPO	ILUSTRACIÓN
CERUTTI #1	





<p>CERUTTI #2</p>	
<p>RIVIERA</p>	
<p>LEMANIC</p>	
<p>ZERAND</p>	

Tabla 1.2 Equipos de rotograbado (Fuente: Elaboración propia)

Si bien el incrementar la disponibilidad de los equipos de operación dentro de la línea de producción de rotograbado, será una gran solución tanto para la empresa y como para

la línea de producción ya que los 5 equipos anteriormente mencionados, podrán aumentar su disponibilidad un 10% para poder operar sin problemas las 24 horas que conllevan ambos turnos de trabajo tanto como de día como de noche toda la semana a excepción del día domingo, puesto que así lo marca la política de paro que tiene la empresa.

Dentro del proceso de rotograbado, se puede llegar a presentar un incremento de paros en los equipos por mala operación por el personal de operación y falta de refacciones, puesto que es una de las causas más comunes presentadas al momento de intervenir un equipo en mantenimiento correctivo, este problema de falta de refacción suele presentarse de 2 o 3 veces por semana.

De acuerdo con los registros mostrados por el supervisor de la línea, los paros al mes llegan a ser en promedio 12, en cuanto al tiempo no disponible del equipo es en promedio de 3 meses principalmente por falta de refacciones.

Por otro lado, el tiempo promedio de mantenimiento a un equipo es de 2 a 3 horas, lo que nos da una idea del tiempo promedio total no disponible solo por mantenimiento de 120 horas al año, lo que representa 10 jornadas de 12 horas puesto que en la planta se manejan turnos de 12 horas, más las horas de paro por no contar con las refacciones de manera inmediata, la cual no se encuentran registros al respecto.

Gracias al incremento de disponibilidad de los equipos en el área de rotograbado, beneficiara de gran manera a la línea de producción, en donde se reducirán los paros en los equipos al haber definido e implementado un mantenimiento autónomo de acuerdo con la filosofía TPM (Total Productive Maintenance) en el área de mantenimiento, puesto que como bien se menciona, dentro de todos los procesos que se encuentran en la planta, es considerada una de las áreas más críticas por lo que no deben de presentarse un gran número de paros en los equipos por no haber realizado una buena intervención de mantenimiento anteriormente.

Es importante mencionar que, en caso de que exista algún fallo específicamente en la máquina Cerutti #1 y #2 se hace uso de la máquina Zerand la cual se encuentra como respaldo ante las contingencias de paro. Este tipo de medidas implementadas por el área

de producción solventan momentáneamente la producción, más, sin embargo, incrementa el costo de producción.

1.5 Objetivos (General y específicos).

1.5.1 General.

- Incrementar la disponibilidad de los equipos de operación en la línea de producción de rotograbado en un 10%.

1.5.2 Específicos.

- Determinar la frecuencia de fallas de los equipos que ayuden a definir la planeación de mantenimiento preventivo en la línea de producción rotograbado.
- Eliminar 10% de mantenimientos correctivos.
- Definir e implementar el mantenimiento autónomo de acuerdo con la filosofía TPM (Total Productive Maintenance) en la línea de producción rotograbado.

CAPITULO 3

MARCO TEORICO

3.1 Mantenimiento.

3.1.1 Historia del mantenimiento.

Durante la época de la primera revolución industrial era bastante común que todos los procesos productivos se ejecutaban de forma manual, por lo que se le tomaba mayor importancia al hombre, esto daba como resultado que no se les prestara mucha importancia a las máquinas y equipos empleados en sus procesos lo cual provocaba que se realizara un mantenimiento correctivo en ese entonces, debido a que los mismos trabajadores eran los encargados de intervenir en la máquina y corregir el fallo para así poder continuar con la producción [1].

Desde entonces surge la necesidad de corregir dichas situaciones, ya que en ese entonces tanto para los trabajadores como para la industria implicaba tiempos de reparación extensos, intervención de especialistas hasta el punto de reunir un grupo de trabajo para identificar donde se generó el fallo [1].

Conforme los años pasaron el mantenimiento tuvo mayor importancia a partir de los años 30's en el momento en que un empresario estadounidense llamado Henry Ford hubiese implementado en su empresa un área destinada a la reparación de máquinas y equipos para así poder tomar conciencia sobre la importancia que tiene el correcto funcionamiento de las máquinas y poder hacer mayores inversiones en dichas áreas con el fin de permitir que estas se encuentren en óptimas condiciones para trabajar [2].

A partir de la segunda guerra mundial todas las empresas se vieron obligadas a incrementar su producción para poder cubrir la demanda del mercado lo cual tuvo sus ventajas y desventajas, por ejemplo, como ventaja fue que su producción era cada vez en grandes cantidades, por lo tanto, las máquinas y equipos tendían a desgastarse de manera más rápida, lo cual provoco que se presentaran fallos y paros [2].

Conforme el tiempo transcurría la importancia al mantenimiento era cada vez mayor, puesto que se pretendía evitar paros en las máquinas, por lo que a partir de ese momento el mantenimiento se volvió una herramienta fundamental para todas las empresas y organizaciones [2].

3.1.2 Definición de mantenimiento.

Mantenimiento es un proceso de conservación de equipos o maquinaria realizado por el hombre, que tiene como finalidad maximizar la disponibilidad de estos en los procesos, así como también de mantener la calidad del servicio que prestan los equipos, instalaciones, entre otros, en condiciones seguras y eficientes mediante un mantenimiento preventivo, correctivo o predictivo [3].

También se le conoce al mantenimiento, como un conjunto de actividades las cuales garantizan el correcto funcionamiento de los equipos y máquinas que se tienen dentro de los procesos de producción, el cual permite que su rendimiento sea cada vez mayor [2].

Actualmente y desde hace años, el área de mantenimiento en las organizaciones se ha posicionado en un puesto bastante importante, debido a que ha sido considerada una de las áreas más primordiales para mantener y poder mejorar la productividad, puesto que se encarga de mantener los equipos en óptimas condiciones para trabajar sin ningún problema [3].

3.1.3 Ventajas y desventajas.

El mantenimiento aparte de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos dentro de los procesos productivos, ofrece diferentes ventajas a las organizaciones como son [3]:

Disminuir el número de paros en los equipos que conforman los procesos.

Ventajas

- Mantener los equipos y maquinas en óptimas condiciones para operar.
- Disminuir costos provocados por paros de producción debido a una reparación.
- Reducir riesgos de trabajo por equipos en mal estado en funcionamiento.
- Garantizar satisfacción de clientes por entregar el producto en tiempo y forma.
- Detectar fallos por desgastes o anomalías en los equipos.
- Fabricar productos de buena calidad y a un bajo costo.

Como desventajas el mantenimiento no cuenta con un gran número, puesto que son mayor sus ventajas que desventajas, algunas son:

Desventajas

- Requiere un mayor número de trabajadores para cubrir el mantenimiento.
- Requiere de un costo mayor al inicio.

3.1.4 Tipos de mantenimiento.

Dentro del mantenimiento existen tres tipos, los cuales ayudan a la conservación y corrección de fallos de las máquinas y equipos que se encuentran dentro de los procesos productivos:

- Mantenimiento Preventivo.

Un mantenimiento preventivo es aquel que ayuda a la conservación de un equipo o máquina, debido a que permite al personal conocer el estado de los equipos para poder programar las tareas preestablecidas antes de intervenir en ellos [4].

- Mantenimiento Correctivo.

Un mantenimiento correctivo como su nombre lo menciona se refiere a la corrección de alguna falla una vez que esta tiende a presentarse en un equipo o máquina [5].

- Mantenimiento Predictivo:

Un mantenimiento predictivo es aquel que da seguimiento a las diferentes variables o componentes de la maquina o equipo, conforme a su funcionamiento para así poder predecir y anticiparse a que llegue a ocurrir el fallo y por ende evitar el paro de la máquina [1].

3.2 Mantenimiento preventivo.

3.2.1 ¿Qué es el mantenimiento preventivo?

Un mantenimiento preventivo, es una actividad donde se llevan a cabo intervenciones en las máquinas y equipos por el hombre en diferentes intervalos de tiempo ya establecidos por el área, con la finalidad de optimizar su funcionamiento y evitar paros en las máquinas. El mantenimiento preventivo es de suma importancia debido a que tiende a conservar en óptimas condiciones todos los equipos y máquinas que conforman los procesos productivos en las organizaciones [1].

Para llevar a cabo un mantenimiento preventivo dentro de los equipos se debe de tener un programa de actividades las cuales estarán destinadas a realizarse por el personal del área con el fin de anticiparse a los posibles fallos en los equipos y así evitar que entre en paro [1].

3.2.2 Ventajas y desventajas.

El llevar un buen programa de mantenimiento preventivo beneficia de gran manera tanto a los equipos como a la organización, puesto que la maquinaria se tiene en óptimas condiciones y por otro lado los costos por mantenimiento correctivo se reducen, algunas de las ventajas son [6]:

Ventajas

- Conservación de los equipos en óptimas condiciones para operar.
- Incrementación de niveles de productividad.

- Flujo continuo de la producción en cada uno de los procesos productivos.
- Evitar deterioro por parte de la maquinaria y equipos.
- Cumplimiento con los clientes en tiempo y forma.
- Reducción de costos por mantenimiento correctivo.
- Reducción de desperdicio de materia prima por paros inesperados.

Desventajas

- Requiere de un gasto mayor al dar empezar con el programa de mantenimiento preventivo.
- Requiere de un mayor número de trabajadores.
- Requiere una buena planeación y programación.
- Requiere contar con un mayor número de refacciones.

3.2.3 Importancia

Actualmente en las organizaciones es de gran importancia contar con un buen programa de mantenimiento preventivo, puesto que cada vez su producción va en incremento, lo que requiere que sus procesos productivos no se detengan, por esto se exige un mayor trabajo por parte de las máquinas y equipos. Con un buen programa de mantenimiento preventivo permite al personal realizar intervenciones en los equipos con cierta frecuencia para evitar que en cualquier momento la maquina llegue a parar o fallar y por ende que la producción se detenga, así como disminuir costos por mantenimientos y mejorar la calidad de los procesos [7].

3.2.4 Tipos de mantenimientos preventivos.

- Mantenimiento preventivo de rutina:
Este tipo de mantenimiento involucra una serie de actividades a realizar por parte del trabajador las cuales conllevan un tiempo de ejecución corto como lo es

lubricación, limpieza, ajustes, remplazo de partes dañadas, inspecciones con el fin de mantener los equipos y maquinas en óptimas condiciones para trabajar [7].

- Mantenimiento preventivo global:

Este tipo de mantenimiento involucra el desmontar completamente el equipo o máquina lo cual conlleva un tiempo de ejecución más extenso, para poder realizar el remplazo de piezas con desgaste con ayuda de personal capacitado y hábil para hacer dicho trabajo y dejar el equipo en funcionamiento [7].

- Reacondicionamiento de equipos:

En este tipo de mantenimiento se tiende a retirar el equipo o máquina del área de producción, con el fin de poder realizar un trabajo más profesional donde se requiere de la intervención del proveedor y personal altamente capacitado, para desmontar completamente el equipo, este tipo de mantenimiento conlleva un tiempo de ejecución aún más extenso ya que requiere de mayor habilidad y trabajo [7].

3.3 Mantenimiento correctivo.

3.3.1 ¿Qué es el mantenimiento correctivo?

El mantenimiento correctivo es una actividad efectuada a una maquina o equipo cada vez que tiende a presentarse un fallo, por lo general este tipo de mantenimiento se realiza cada que ocurre la falla, para posteriormente inspeccionar el fallo, verificar el incidente reportado por el personal, buscar la falla y corregirla [8].

Este tipo de mantenimiento también es considerado un proceso que suele efectuarse por el hombre cada vez que algún equipo, maquina, inmueble, dispositivos, entre otro deja de otorgar el servicio por el cual fue fabricado [9].

A diferencia de un mantenimiento preventivo el correctivo se basa en realizar una intervención al equipo después de haber ocurrido la falla, donde por otro lado, el

preventivo consiste en realizar una intervención con anticipación para prevenir que llegue a ocurrir la falla [9].

3.3.2 Ventajas y desventajas.

Un mantenimiento correctivo se lleva a cabo después del fallo por lo que puede ser tanto beneficioso como de impacto para la organización, es por esto que cuenta con ventajas y desventajas, algunas de ellas son [9]:

Ventajas:

- No requiere de un planeamiento, puesto que se realiza cada que ocurre la falla.
- El tiempo de operación en la falla es de manera rápida.
- Las reparaciones son ejecutadas en tiempos cortos.
- Requiere de un costo menor a diferencia de un preventivo.
- No requiere de un stock moderado de piezas o refacciones.

Desventajas:

- No es bastante confiable debido a que las reparaciones efectuadas no garantizan un tiempo extenso de funcionamiento debido a que la intervención suele ser provisional por la rapidez en la que se efectúa el mantenimiento.
- No cuenta con una frecuencia de inspección moderada que ayude al personal a identificar todas aquellas piezas o componentes que cuenten con desgaste.
- Por efectuarse después de ocurrir la falla suele realizar un paro el equipo para corregir la falla, por lo que impacta en la producción.

3.3.3 Importancia.

La importancia de un buen mantenimiento correctivo se basa en garantizar la mayor eficiencia de los equipos o máquinas, en vista de que los trabajos realizados por el personal deben de realizarse de forma segura y con rapidez para que la falla del equipo no afecte en gran parte a la producción conforme al tiempo [9].

Además, un mantenimiento correctivo tiene como principal importancia evitar el paro de operaciones de las máquinas y equipos por largos periodos de tiempo en los procesos productivos y así mismo evitar grandes pérdidas de dinero por mantener los equipos inhábiles en los procesos [9].

3.3.4 Tipos de mantenimientos correctivos.

- Programado:

Un mantenimiento correctivo programado es aquel que se puede llevar a cabo siempre que se conozca con anticipación lo que se va hacer, para así mientras el equipo se encuentra en paro para su reparación, se tenga destinado el personal adecuado y herramientas para que se realice de forma correcta [8].

- No Programado:

Un mantenimiento correctivo no programado es aquel que solicita al personal actuar con rapidez para mejorar las averías producidas, evitar costos mayores y daños a materiales o personas, cabe destacar que este tipo de mantenimiento solo aplica aquellos equipos o maquinas en los cuales es imposible predecir sus fallos [8].

3.4 Mantenimiento predictivo.

3.4.1 ¿Qué es el mantenimiento predictivo?

Mantenimiento predictivo se define como una serie de pruebas de tipo no destructivas realizadas a las máquinas y equipos, con la finalidad de dar seguimiento en cuestión al funcionamiento para encontrar señales de advertencia en componentes que indiquen que su operatividad no es la correcta y poder estar preparados para cualquier inconveniente [10].

Este tipo de mantenimiento puede llevar a cabo las pruebas sin necesidad de programar un paro en el equipo para no afectar la producción lo cual provoca grandes pérdidas y mayores costos para la organización. Es uno de los mantenimientos más utilizados en

las industrias en vista de que no genera un paro en la máquina para realizar el mantenimiento ya que se detectan signos de advertencia para posteriormente poder predecir posibles fallas y poder anticiparse en el momento oportuno [10].

3.4.2 Ventajas y desventajas.

Las ventajas que llega aportar un mantenimiento predictivo en las organizaciones son de beneficio para la producción como para las máquinas y equipos, pues alarga la vida útil de estos, algunas de ellas son [11]:

Ventajas:

- Permite detectar fallos al empezar a presentarse.
- Aumenta la vida útil de componentes o partes de los equipos.
- Permite programar las reparaciones sin parar el equipo.
- Permite disminuir la indisponibilidad de las máquinas.
- Permite anticiparse a los fallos.
- Ayuda a predecir posibles fallos, al dar seguimiento a su funcionamiento.

Desventajas:

- Implica mayor seguimiento a los equipos en cuestión a sus componentes.
- Requiere una mayor inversión, puesto que los instrumentos utilizados para un mantenimiento preventivo son de alto costo, por ejemplo, analizador de vibraciones, cámara termografía y medidor de ultrasonido.

3.4.3 Importancia.

La importancia de un mantenimiento predictivo radica en realizar un seguimiento en cada una de las máquinas y equipos conforme a todos los componentes que conllevan a su funcionamiento, para así el personal poder predecir fallas y poder anticiparse en el momento oportuno para evitar el paro completo del equipo [10].

Es considerado uno de los mantenimientos más importantes en las industrias, ya que actualmente es uno de los más implementados gracias a que nos refleja en cualquier momento el estado general del equipo, donde facilita mantener un mejor control de su funcionamiento [10].

3.4.4 Técnicas utilizadas en el mantenimiento predictivo.

Dentro del mantenimiento predictivo se utilizan un conjunto de técnicas las cuales están encaminadas a dar un seguimiento a los equipos de manera general para detectar algún componente o variable que pueda llegar a impactar en el funcionamiento del equipo [10].

- Termografía.

Es una técnica que estudia el comportamiento de la temperatura de las máquinas y equipos para determinar si su funcionamiento es el óptimo y correcto. Uno de los instrumentos utilizados dentro de esta técnica es la cámara termografía como se muestra en la Figura 3; la cual es un instrumento utilizado para analizar los cambios de temperatura en las maquinas la cual nos proporciona imágenes de los diferentes cambios e incrementos de temperatura por lo que pasan las máquinas, donde al existir un incremento representa un problema de tipo electromecánico en algún componente [10].



Figura 3. Cámara termografía (Fuente: [12])

- Análisis de vibraciones.

Es una técnica que estudia el funcionamiento de las máquinas de tipo rotativas a través del comportamiento de sus vibraciones, en vista de que todas las máquinas suelen presentar ciertos niveles de vibración, aunque esta trabaje de forma correcta. Para que esta técnica tenga una mayor efectividad es necesario conocer diferentes factores de la máquina como, por ejemplo, velocidades [10].

Uno de los instrumentos utilizados dentro de esta técnica es el analizador de variaciones como se muestra en la Figura 4; el cual nos muestra los niveles de variación en las máquinas indicándonos la necesidad de una revisión general [10].



Figura 4. Analizador de variaciones (Fuente: [13])

- Análisis de ultrasonido.

Es una técnica que estudia las ondas de sonido de alta frecuencia producidas por las máquinas al presentar algún fallo, en razón de que los sonidos que presenta una máquina el oído del ser humano no lo llega a percibir, dado que la frecuencia es mayor a 20 kHz y el hombre solo percibe frecuencias de sonido 20 Hz y 20 kHz para ser captadas de mejor manera [10].

Uno de los instrumentos utilizados en esta técnica es el medidor de ultrasonido como se muestra en la Figura 5; el cual se encarga de convertir las ondas de ultrasonido en ondas audibles, para que el ser humano pueda captar de mejor manera las frecuencias de sonido con ayuda de auriculares [10].



Figura 5. Medidor de ultrasonido (Fuente: [14])

- Análisis de aceite.

Es una técnica que permite medir el grado de contaminación del aceite de las máquinas a partir de pruebas realizadas en los laboratorios mientras están en operación o en paro. Esta técnica es importante para medir el estado del aceite en las máquinas, puesto que el aceite es de gran importancia para evitar desgaste y aumentar su vida útil de operación [10].

3.5 Filosofía TPM (Total Productive Maintenance).

3.5.1 ¿Qué es el Mantenimiento Productivo Total (TPM)?

El TPM por sus siglas mantenimiento productivo total es una filosofía de mejora que se desarrolló en la década de los 70's por el ingeniero Seiichi Nakajima, la cual busca incrementar la eficiencia en los procesos de producción mediante el óptimo funcionamiento de la maquinaria y equipos [15].

La filosofía del TPM se basa en incorporar a todo el personal de trabajo con la finalidad de obtener cada vez la mejora continua en los procesos de producción que se manejan dentro de las organizaciones y empresas, lo que ayuda a disminuir los defectos, riesgos y pérdidas para poder aumentar la productividad tanto de la maquinaria como del personal [15].

El mantenimiento productivo total permite a las empresas mantener su maquinaria y equipos en óptimas condiciones para trabajar, además de mejorar la calidad de la producción y garantizar la satisfacción del mercado [15].

3.5.2 ¿Para qué se implementa la filosofía TPM?

Si bien el mantenimiento productivo total se basa en la mejora continua de los procesos de producción en las organizaciones, este se implementa para las siguientes cuestiones:

- Mejoramiento de la calidad.

Un TPM ayuda a mejorar la calidad de producción debido a que al mantener las máquinas en buenas condiciones se reduce la variación en el producto, por lo cual la calidad es mayor [15].

- Satisfacción del cliente.

El mantener las máquinas y equipos el mayor tiempo posible en operación, permite mejorar el servicio y satisfacción al cliente, ya que se entregará en tiempo y forma la producción sin contar con percances [15].

- Eficiencia de los equipos.

El realizar un buen mantenimiento a los equipos y tenerlos en perfectas condiciones mejora su uso y aprovechamiento para operar sin problemas y alargar cada vez su tiempo de vida [15].

- Reducción de defectos.

Ayuda a reducir los defectos y productos rechazados ya que se tiene la maquinaria y equipos en buenas condiciones, en cambio si se tiene máquinas en mal estado, va ser un aumento de rechazos y productos no conformes [15].

- Reducción de costos.

Un punto importante para las empresas es la reducción de costos por mantenimiento correctivo, el mantener en buen estado la maquinaria y equipos los costos por mantenimiento correctivo disminuirán ya que son gastos que no se tendrán programados [15].

3.5.3 TMP en la industria.

Desde hace años en la industria el TPM ha tomado cada vez un papel más importante en base a mejorar los procesos productivos y aumentar el mantenimiento para mantener altos niveles de producción y de buena calidad, aparte de reducir variabilidad y aumentar servicio al cliente [16].

Si bien el mantenimiento productivo total ha sido de gran impacto e importancia para las industrias ya que les ha permitido mantener su maquinaria y equipo en óptimas condiciones para su operación y poder garantizar un buen funcionamiento y a su vez una buena calidad de la producción [16].

Actualmente el TPM es una parte fundamental en las organizaciones ya que ayuda a mantener los equipos en buenas condiciones, puesto que antes de los años 50's, solo se tomaba en cuenta el factor mantenimiento para simples averías debido a que se comenzaba a dar importancia a la maquinaria, para después de los años 50's implementarse un mantenimiento preventivo con la finalidad de anticiparse a los fallos y maximizar su disponibilidad para así poder llegar a un mantenimiento productivo a partir de los años 70's donde el personal de trabajo se involucra más para generar mayor participación [15].

Al mantenimiento productivo total básicamente radica en recibir mayor participación por los operadores en base a un mantenimiento para que estos den importancia al cuidado de sus equipos y poder si incrementar la producción y disminuir la variación para mejorar la calidad de los procesos productivos [15].

3.5.4 Pilares del Mantenimiento Productivo Total.

Para la implementación de un mantenimiento productivo total se sigue una serie de cinco pilares que lo conforman, las cuales aparte de ser pilares, son estrategias que permiten a las organizaciones y empresas cuenten con maquinaria y equipo listo para trabajar en óptimas condiciones, como se muestra a continuación [17]:

1- Mejoras enfocadas.

Son un conjunto de actividades las cuales ayudan a maximizar el rendimiento y efectividad de los equipos y maquinas dentro del proceso, basándose en combatir y eliminar paros inesperados, defectos, paros menores, entre otras para así poder incrementar la disponibilidad del equipo [17].

2- Mantenimiento autónomo.

El mantenimiento autónomo es aquel que permite aumentar la intervención del personal de trabajo en el mantenimiento principal de la maquinaria, puesto que se enfoca en capacitarlo para que se enfoquen en la importancia de conservar en óptimas condiciones el equipo [17].

3- Mantenimiento planificado.

El mantenimiento planificado se enfoca principalmente en identificar e implementar acciones de mejora para eliminar los problemas en la maquinaria tan pronto como se cuente con información, conocimiento y motivación al personal de trabajo [17].

4- Mantenimiento de calidad.

El mantenimiento de calidad como su nombre lo dice, tiene como finalidad mejorar la calidad del producto para mantener los equipos en óptimas condiciones y reducir toda aquella variación que tengan las máquinas que puedan llegar afectar la calidad del producto final [17].

5- Capacitación.

La capacitación se basa en mantener al personal de trabajo capacitado para que cuenten con el conocimiento y competencias necesarias para poder operar y mantener en orden la maquinaria utilizada para los procesos de producción [17].

6- Seguridad.

La seguridad es aquel pilar que se encarga de mantener que el ambiente de trabajo sea seguro para que así el personal de trabajo pueda realizar sus actividades de manera segura y reducir todos aquellos riesgos que afecten tanto a la maquina como operador [17].

3.5.5 Implementación de un TPM.

Para llevar a cabo la implementación de un mantenimiento productivo total, la empresa u organización va en la búsqueda de mantener la maquinaria y equipos en óptimas condiciones para su funcionamiento, así como también contar con personal altamente capacitado para realizar actividades tanto de mantenimiento como de su operación [15].

A continuación, se muestra en la Tabla 1.3; los pasos principales para la implementación de un TPM según el creador Seiichi Nakajima:

ETAPAS	PASOS	CONTENIDOS
PREPARACIÓN	1- Decisión de la dirección de aplicar el TPM en la organización.	Comité de dirección.
	2- Campaña de información técnica o educativa.	Seminarios y presentaciones.
	3- Estructura de promoción del TPM.	Grupos de trabajo y comisiones de líderes.
	4- Establecer políticas y objetivos del TPM.	Diagnóstico y análisis de condiciones actuales.
	5- Plan maestro y desarrollo de este.	Plan de implementación.

IMPLEMENTACIÓN PRELIMINAR	6- Lanzamiento del TPM.	Programación de evento de difusión del lanzamiento del TPM.
IMPLEMENTACIÓN DEL TPM	7- Mejora de la efectividad de los equipos.	Selección y mejoramiento de equipos.
	8- Desarrollo del programa de mantenimiento autónomo.	Desarrollo de los pasos del mantenimiento autónomo.
	9- Plan y programación del mantenimiento.	Desarrollo del sistema dedicado al mantenimiento.
	10-Mejorar las habilidades de operaciones y mantenimiento.	Entrenamiento de técnicas de detección y acción correctiva.
	11-Desarrollo del programa de gerencia.	Diseño de mantenimiento productivo y análisis del costo de vida.
ESTABILIZACIÓN	12-Implementación perfecta y aumento de niveles del TPM.	Evaluar el costo del mantenimiento productivo y establecer objetivos mayores.

Tabla 1.3 Pasos para la implementación del TPM (Fuente: [15])

3.6 Mantenimiento autónomo.

3.6.1 ¿Qué es el mantenimiento autónomo de acuerdo con la filosofía TPM?

El mantenimiento autónomo es un proceso que se basa en la productividad de la empresa, el cual se enfoca en generar una mayor participación por parte del personal de trabajo para la incrementación de la producción. La finalidad de un mantenimiento autónomo es hacer que personal comience a comprender y analizar el funcionamiento

de las máquinas y equipos previamente con una capacitación para que pueda controlar diferentes factores como la limpieza, lubricación, orden y condiciones de trabajo.

Gracias al mantenimiento autónomo el personal podrá comprender la importancia de conservación de los equipos y maquinas mediante serie de actividades para poder mejorar las condiciones de trabajo.

3.6.2 Pasos para aplicar un mantenimiento autónomo.

Para poder llevar a cabo un mantenimiento autónomo en la industria se lleva a cabo una serie de pasos como se muestra a continuación:

1- Limpieza inicial.

En la primera etapa consta de un proceso de inspección donde el personal de trabajo examina cada una de las partes y secciones de la maquina donde hay existencia de fuentes de contaminación, falta de lubricación, fugas en general, piezas mal colocadas, entre otros para poder tomar acciones y realizar una limpieza para que este en óptimas condiciones para trabajar.

2- Eliminar fuentes de contaminación.

La etapa dos se basa en que el personal de trabajo detecte todas aquellas fuentes contaminadas para posteriormente tomar acciones correctivas y poder prevenir que vuelvan a presentarse en la máquina y provocar en un determinado tiempo un fallo.

3- Establecer estándares de limpieza.

En la etapa tres consta de establecer estándares en cuestión de limpieza, lubricación, ajuste de piezas, entre otros por parte de personal de trabajo en base a su experiencia con la finalidad de mantener en óptimas condiciones el equipo para su operación en el proceso productivo.

4- Inspección general.

La etapa cuatro se basa en analizar e identificar el deterioro que puede llegar a sufrir el equipo con anticipación por parte del trabajador para en su caso realizar una intervención de mantenimiento, por lo que este debe de contar con un amplio conocimiento en base a los componentes de la máquina.

5- Inspección autónoma.

En la etapa cinco se pasa a evaluar todas las etapas anteriores, verificar si los estándares de limpieza, lubricación, ajuste, entre otros reflejan buenos resultados para poder determinar si el número de fallos ha reducido, si la eficiencia en base a la inspección a incrementado y poder realizar las mejoras correspondientes.

6- Organización y orden.

En la etapa seis se busca estandarizar las actividades del mantenimiento autónomo con la finalidad de integrarlas a un mantenimiento preventivo y poder llevar un registro de cumplimiento por parte del trabajador en la máquina.

7- Evaluación

Como etapa final al haberse implementado un mantenimiento autónomo se pasar a analizar y evaluar todos los resultados obtenidos para determinar si el progreso ha sido bueno, así como otras cuestiones.

3.6.3 Ventajas y desventajas.

Un mantenimiento autónomo tiene diferente número de ventajas como se muestran a continuación:

Ventajas:

- Incrementa la participación del personal de trabajo.
- Aumenta la disponibilidad de las maquinas al manejar factores importantes para un buen funcionamiento.
- Reduce números de paro constantes por factores críticos en los equipos.

- Prepara al personal de trabajo para mantener un buen cuidado de los equipos.
- Conserva las condiciones de trabajo al mantener los equipos en óptimo funcionamiento.
- Se comprende la importancia de conservación de los equipos por parte del trabajador y empresa.

Desventajas:

- Requiere de capacitación el personal de trabajo para una mejor comprensión y desarrollo de actividades, por lo que se requiere de un periodo de tiempo invertido tanto en tiempo como en dinero.

3.7 Evento Kaizen

3.7.1 ¿Que es un evento Kaizen?

Para entender más sobre el termino Kaizen, es una palabra que hace referencia a mejora, la cual se maneja mucho en Japón ya que cuentan con una tradición de generar cada vez cambios constantes en sus procesos y productos en busca de mantener estándares altos de calidad [18].

Actualmente las industrias de gran nivel llevan a cabo una serie de actividades para hacer mejoras en todos los puntos dentro de estas, por ejemplo involucrar cada vez más al personal de trabajo para lograr los objetivos planteados [18].

Un evento Kaizen es un conjunto de actividades que van encaminadas a mejorar lo que ya existe dentro de los procesos productivos con la finalidad de obtener resultados altamente significativos y de mejora [18].

Generalmente este tipo de eventos cuentan con un enfoque hacia la persona como a los procesos de producción, donde en cuestión a las personas se requiere emplear un conjunto de individuos en búsqueda de generar cambios en beneficio de la organización

y en el cumplimiento de los objetivos y en cuestión los procesos cada vez mejorar su calidad [19].

3.7.2 Importancia de un evento Kaizen.

La importancia de llevar a cabo un evento Kaizen dentro de las industrias cada vez es más relevante, puesto que la implementación de este tipo de eventos resulta bastante efectiva en cuestión de querer mejorar un proceso de forma rápida y segura [18].

Para ser aún más efectiva la implementación de estos eventos, debe de existir la necesidad por parte de la organización de hacer uso de herramientas Lean como, por ejemplo, Poka Yoke, 5's, Kanban, QFD, TPM, entre otras con la finalidad de mejorar un proceso de manera rápida y obtener resultados favorables [18].

Para las industrias es importante implementar un evento Kaizen debido que le permite la reducción de desperdicios dentro de los procesos productivos, para no generar grandes volúmenes de scrap y disminuir los costos por producto no conforme [18].

Además, ayuda a mejorar la calidad tanto de los productos como de los procesos al disminuir la variabilidad que suele existir, debido a que provoca la insatisfacción de los clientes y rechazo en el mercado.

Por lo tanto, el aplicar un evento permite a las empresas buscar la mejora en sus procesos productivos, con el objetivo de mantener estándares altos de calidad, condiciones seguras de trabajo y desempeño óptimo de los equipos y maquinaria.

3.7.3 Beneficios.

Dentro de las industrias al llevar a cabo un evento Kaizen se puede llegar a obtener gran número de beneficios tanto para la empresa como para las personas externas, esto porque al aplicarlo va en búsqueda de la mejora en sus procesos al reducir fuentes de perdidas [18].

Algunos de los beneficios de llevar a cabo el evento son los siguientes:

- Mejora el orden y limpieza.

El mantener las áreas de trabajo limpias y ordenadas genera mayor motivación en el personal de trabajo, lo que permite que su desempeño sea mayor, así como el aumento de productividad en el proceso [18].

- Aumenta desempeño de las máquinas y equipos.

Para generar y mantener una productividad mayor el desempeño de la maquinaria y equipos debe de ser optimo, por lo que permite generar mayores volúmenes de producción y a su vez manteniéndolas en buen estado para su funcionamiento dentro de los procesos de producción [18].

- Aumenta la capacidad de producción.

Un beneficio con el que cuentan estos eventos son que ayudan a mejorar y en su caso aumentar la capacidad de producción existente, puesto que el mercado y la demanda obliga a las empresas a aplicar mejoras en los procesos, por lo que buscan cada vez aumentar su capacidad para mantenerse en el mercado [18].

- Mantiene condiciones de trabajo seguras.

Para poder mantener al personal de trabajo satisfecho con sus labores, se deben de ofrecer condiciones seguras para trabajar, con la finalidad de evitar riesgos o daños que ocasionen daños a la salud de las personas, por lo que estos eventos son de gran ayuda para mantener buenas condiciones dentro de los procesos productivos [18].

- Mejoramiento de la calidad.

Los eventos Kaizen por lo general buscan mejorar y perfeccionar lo que actualmente se tiene, por lo que aplica de gran manera en base a la calidad tanto en sus procesos como productos ya que es un factor que agrega valor al producto y permitir garantizar la satisfacción de los clientes [18].

3.7.4 Aplicación de un evento Kaizen.

Como se puede deducir los eventos Kaizen se aplican en la mayoría de las veces para el mejoramiento de los procesos productivos de manera que sean beneficiadas ambas partes tanto la industria como el mercado [18].

Para poder llevar a cabo la aplicación de este tipo de eventos que van enfocados a la mejora continua dentro de las organizaciones se deben de tener los siguientes tipos de cuestiones para poder aplicar [18]:

- Problemas en base a la calidad.

Dentro de los procesos productivos es común el hablar de la calidad, por lo que las industrias llevan a cabo un evento Kaizen para poder mejorar la calidad que ya existe, puesto que el tener problemas en base a la calidad refleja una pérdida de producción como de satisfacción al cliente final, por lo que aplica dicho evento para obtener una mejora en base a lo existente [18].

- Reducción de tiempos de habilitación de equipos.

El tiempo transcurrido en preparar la maquina o equipo para su disposición genera pérdidas tanto en producción como en tiempo, puesto que el evento Kaizen permite aplicar mejoras en base a la disponibilidad de la maquinaria con la finalidad de disponer en todo tiempo para aumentar la productividad [18].

- Reducción de tiempos de entrega.

El hacer uso de un evento Kaizen aplica bastante en cuestión a reducir los tiempos de entrega a los clientes tanto externos como internos, debido a que es un área de mejora continua ya que lo que las industrias buscan es reducir sus tiempos de entrega para garantizar una satisfacción en el cliente. Por lo general muchas empresas cuentan con retardos en sus tiempos de entrega lo que ocasiona una perdida e insatisfacción ya sea del cliente interno como externo, por lo que se requiere la aplicación de un evento para alcanzar una mejora [18].

- Disposición de áreas de trabajo.

Un área en desorden y con ausencia de limpieza es un área de oportunidad para la aplicación de mejora, ya que el mantener un área de trabajo en orden y limpieza aumenta la motivación del personal de trabajo para realizar sus actividades de mejor manera, así como aumentar la calidad en los procesos productivos [18].

3.8 Capacitación.

3.8.1 ¿Qué es la capacitación?

La capacitación es un proceso que se realiza en un determinado periodo de tiempo, por el cual es sometido un individuo para el desarrollo de nuevas capacidades, aprendizajes y conocimientos para poder llevar a cabo serie de tareas y actividades de manera correcta y eficiente de las cuales en su momento se desconocen [20].

Se conoce que la capacitación es un medio de entrenamiento al individuo que tiene como principal factor prepararlo en un periodo de tiempo para que realice sus tareas de manera individual y poder dar solución a diferentes problemas [20].

3.8.2 Importancia de la capacitación.

La importancia de una buena capacitación se basa en generar y desarrollar una capacidad de aprendizaje en la persona para poder realizar actividades de manera correcta y saber actuar en distintas situaciones [20].

Existen programas de capacitación con los miembros de trabajo donde la finalidad es cada vez incrementar el conocimiento, generar nuevas competencias para en un determinado periodo de tiempo contar con las bases y requerimientos para desenvolverse en alguna tarea o actividad [20].

En general la importancia de la capacitación radica en preparar al individuo para situaciones y problemáticas en las cuales cuente con las competencias y capacidades de resolver y analizar la problemática y posibles soluciones [21].

3.8.3 Ventajas y Desventajas.

Algunas de las ventajas de la capacitación al personal dentro de las organizaciones y empresas son las siguientes [21]:

Ventajas:

- Proporciona conocimientos al personal de trabajo.
- Desarrolla competencias y habilidades para la resolución de problemas.
- Genera nuevo aprendizaje en un determinado periodo de tiempo.
- Mejora la realización de tareas o actividades por parte del personal.
- Genera motivación en el trabajador.

Desventajas:

- Requiere de tiempo (hrs) no trabajadas debido a su entrenamiento.
- El realizar una mala capacitación resulta una problemática para la empresa.
- En algunos de los casos se genera un costo extra por el entrenamiento.

3.9 Indicadores de mantenimiento y desempeño.

3.9.1 MTBF (Tiempo medio entre fallos).

Es uno de los indicadores más utilizados en mantenimiento que permite conocer la frecuencia con la que suceden los fallos en los equipos, además de determinar la

disponibilidad de los equipos, debido a que representa el promedio de tiempo que transcurre entre dos averías en un mismo. Cabe destacar que cuanto más elevado sea el índice de MTBF más confiable será el funcionamiento de la máquina. Para calcular El tiempo medio entre fallos se utiliza la siguiente formula [22].

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de trabajo} - \textit{Tiempo de inactividad}}{\textit{Numero de paradas}}$$

3.9.2 MTTR (Tiempo medio entre reparaciones).

Es un indicador aplicado en mantenimiento que permite conocer la importancia de los fallos que se presentan en los equipos, donde se toma en cuenta el tiempo medio hasta su reparación. Además, es un indicador importante que ayuda a conocer y saber la eficacia en cuestión a la reparación de los equipos [22].

A diferencia del indicador MTBF que tenía que ser elevado para mayor confiabilidad, cuanto menor sea el índice de MTTR es mejor con la finalidad de que el número de fallos sea menor. Para calcular el tiempo medio entre fallos se utiliza la siguiente formula [22].

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de mantenimiento}}{\textit{Numero de reparaciones}}$$

3.9.3 Disponibilidad.

La disponibilidad es uno de los indicadores más importantes en el área de mantenimiento, se define como la probabilidad de funcionamiento de un sistema o equipo una vez que se requiera de su servicio. Dentro de la disponibilidad existe una formula la cual se utiliza para poder medir la disponibilidad de un equipo [23].

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \left(\frac{\text{Horas disponibles}}{\text{Horas planificadas}} \right) (100\%)$$

3.9.4 Productividad.

Productividad es una medida económica que ayuda a calcular cuántos bienes y productos se han producido por cada factor utilizado en el proceso, por ejemplo, trabajadores, capital y tiempo, mantenimiento, etc.; durante un periodo determinado.

Para calcular el índice de productividad dentro del proceso de utiliza la siguiente formula:

$$\text{Productividad} = \frac{(\text{Produccion obtenida})}{(\text{Cantidad de factor utilizado})}$$

3.9.5 Fiabilidad.

Se conoce fiabilidad a la probabilidad de que un equipo o sistema produzca los resultados esperados, por ejemplo, mientras un equipo sea más seguro y fiable, su disponibilidad será mayor, por ende, cuanto mayor sea la fiabilidad, mayor será la disponibilidad del equipo o sistema.

Actualmente en las industrias el querer incrementar y mejorar la fiabilidad de los equipos depende directamente de prevenir y detectar de forma rápida fallos. Para calcular el índice de fiabilidad en las industrias se utiliza la siguiente formula.

$$\text{Fiabilidad} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Numero de fallos}}$$

3.10 Herramientas de calidad.

3.10.1 ¿Qué son las herramientas de calidad?

Son un conjunto de herramientas que surgieron a partir de los años 50's por el ingeniero Kaoru Ishikawa, las cuales permiten resolver todo tipo de problemas que afectan a la calidad en las empresas u organizaciones. Generalmente las herramientas de calidad se dividen en siete, donde gran parte de los problemas dentro de las empresas suelen ser resueltos mediante estas con tal de que se desarrollen de manera correcta [24].

Todas las herramientas de calidad pueden ser aplicadas en cualquier tipo de problemas laborables que van desde controlar la calidad en el proceso de producción, marketing y administración [24].

3.10.2 ¿Para qué sirven?

Principalmente las herramientas de calidad permiten detectar y analizar las problemáticas dentro de los procesos para posteriormente generar y proponer soluciones a todos aquellos problemas identificados para mejorar el rendimiento y productividad de las empresas u organizaciones. La principal función de las herramientas de calidad es ayudar a identificar el problema desde la raíz para por consiguiente determinar posibles soluciones al problema [24].

3.10.3 Herramientas básicas de calidad.

Las herramientas básicas de calidad se dividen en siete que son:

- Diagrama de flujo.

Un diagrama de flujo es una herramienta la cual representa mediante símbolos y figuras la secuencia de actividades que conlleva un proceso con la finalidad de conocerlo de manera detallada como se muestra en la Figura 6. Al realizar un diagrama de flujo se recomienda que se describa el proceso real y no lo escrito [24].

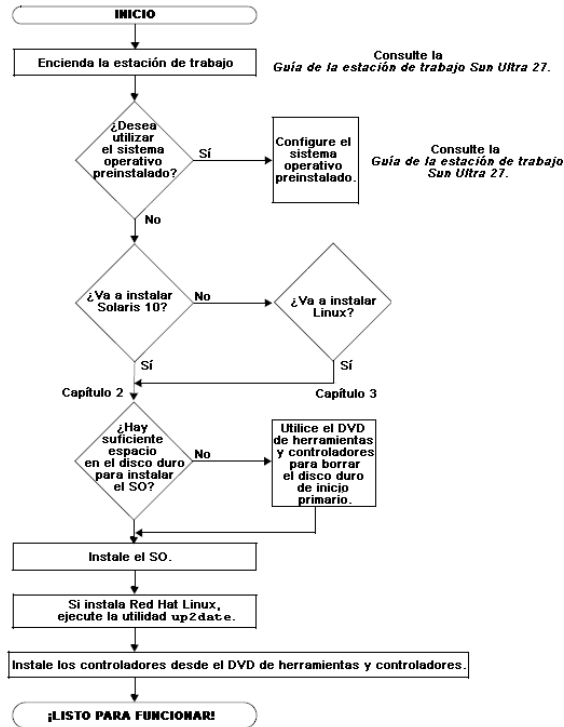


Figura 6. Ejemplo de diagrama de flujo (Fuente: [25])

- Lista de verificación.

Mejor conocida como Check List, es una herramienta que permite mantener en orden y cumplimiento las diferentes actividades dentro de un proceso, lo que asegura que se realicen en tiempo y forma como se muestra en la Figura 7 [26]. Es una herramienta que ayuda a verificar que todas las actividades se cumplieron correctamente con la finalidad de no pasar por desapercibido algún factor que llegue a afectar al proceso o actividad a estudiar [26].

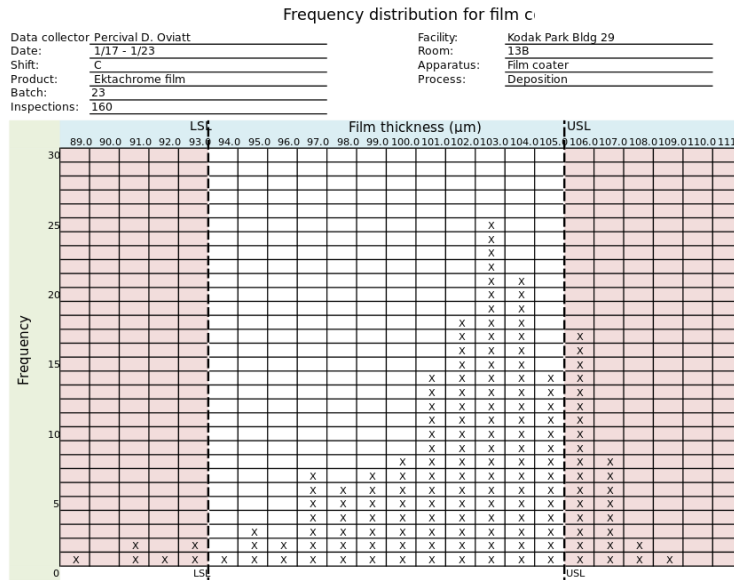


Figura 7. Ejemplo de hoja de verificación (Fuente: [27])

- Histograma.

Un histograma, mejor conocido como gráfico de barras es una herramienta que permite obtener una mejor visualización y orden sobre la distribución de los datos (frecuencias) como se muestra en la Figura 8 [24].

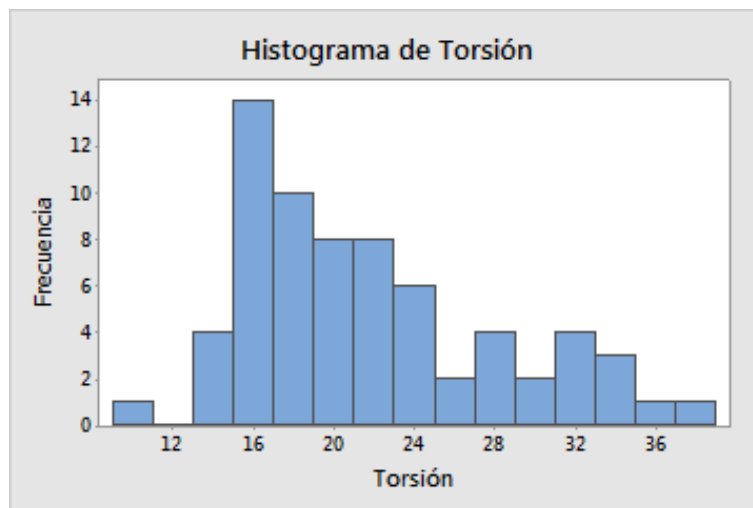


Figura 8. Ejemplo de diagrama de flujo (Fuente: [28])

- Diagrama de dispersión

Es una herramienta que consiste en una representación gráfica de dos variables (X, Y) la cual permite visualizar y analizar la relación que tienen ambas variables entre sí como se muestra en la Figura 9. Entre más cerca se encuentren los puntos de cada una de las variables sobre la línea se dice que ambas variables mantienen una buena relación, en cambio si se encuentran bastante dispersos de la línea no se tiene una relación [24].

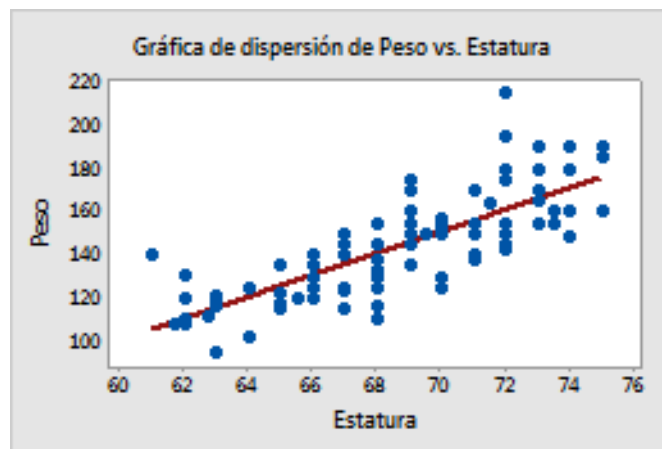


Figura 9. Ejemplo de diagrama de dispersión (Fuente: [29])

- Gráficos de control.

Un gráfico de control, también conocida como grafico X-R es una herramienta la cual se representa mediante una carta donde se registran datos y valores de forma continua sobre la característica de calidad que trata de ser controlada [24].

El grafico de control muestra una línea central la cual representa el promedio histórico de la característica y factor que se va revisar, así como dos líneas tanto en la parte inferior (LCI) como en la parte superior (LCS) donde al sobrepasar cualquiera de los limites algún dato nos indica que algo anda mal en el proceso como se muestra en la Figura 10 [24].

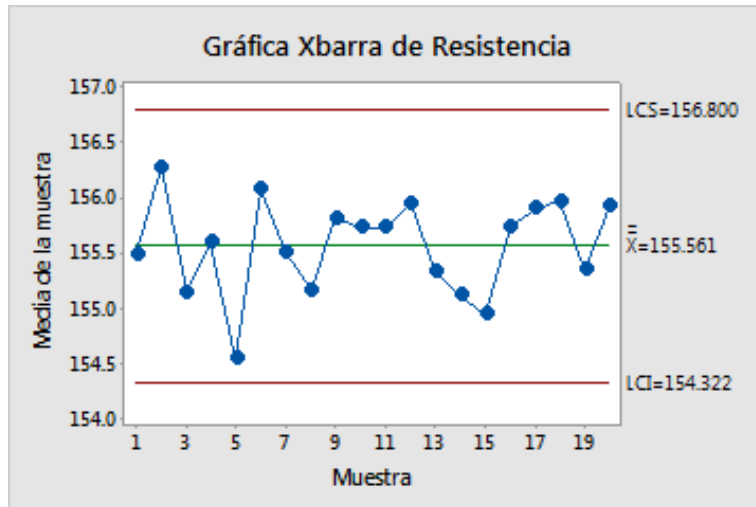


Figura 10. Ejemplo de grafico X-R (Fuente: [30])

3.10.4 Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto se remonta al año de 1986 donde fue creado por el ingeniero y filósofo Vilfredo Pareto, mejor conocido como diagrama 80-20 debido a que el 80% de los problemas se deben al 20% de la acción, es una herramienta mediante una representación gráfica la cual es básicamente un histograma donde se ordenan cada una de las clases de un orden de mayor a menor como se muestra en la Figura 11 [26].

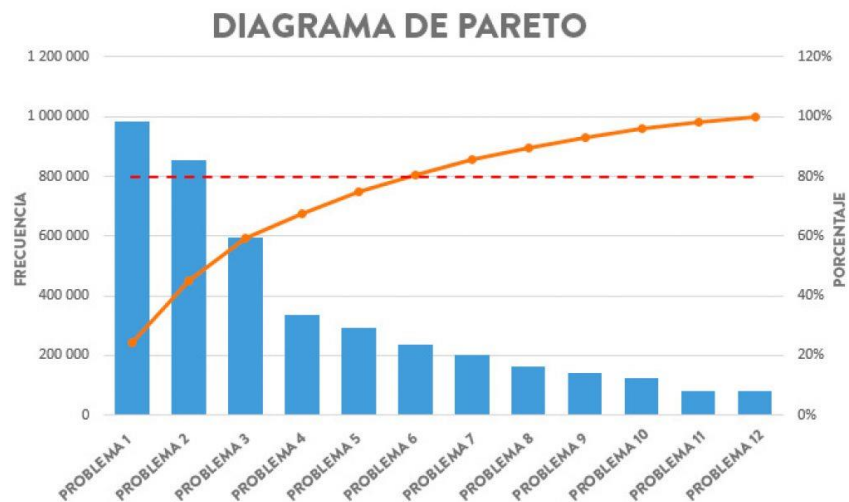


Figura 11. Diagrama de Pareto (80-20) (Fuente: [31])

3.10.5 Diagrama Causa – Efecto.

El diagrama causa-efecto es una herramienta desarrollada en el año de 1943 por el profesor Kaoru Ishikawa en la ciudad de Tokio, mejor conocida como diagrama de espina de pescado como se muestra en la Figura 12; permite recaudar gran número de información respecto a un problema en específico para poder determinar las posibles causas que lo originan [32].

Un diagrama causa – efecto es una herramienta que ayuda a relacionar las causas con los efectos que producen el problema donde se aplica el método de las 6M con la finalidad de ver las causas conforme a la maquinaria, medio ambiente, método, materia prima, operador y medición [26].

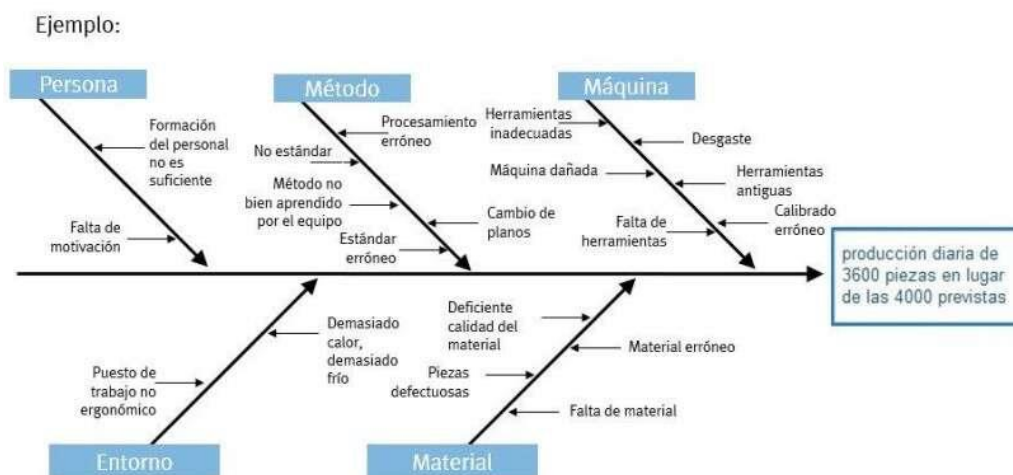


Figura 12. Diagrama causa – efecto. (Fuente: [33])

Es una de las herramientas más utilizadas en grupos al realizar lluvia de ideas, debido a que cada uno de los integrantes identifica una causa la cual produzca el efecto o problema [26].

3.11 Softwares de análisis estadístico.

3.11.1 ¿Qué es un software estadístico?

Son un conjunto de programas informáticos que tienen como finalidad realizar análisis estadísticos para poder determinar y dar soluciones a diferente número de problemas. En general se les conoce a los softwares estadísticos como un conjunto de herramientas que ayudan a realizar análisis estadísticos, resolución de problemas sencillos hasta complejos, operaciones básicas, almacenamiento de información, aplicación de estadística inferencial y descriptiva, entre muchas otras funciones las cuales a partir de fórmulas y datos podemos obtener gran variedad de gráficos y resultados para la resolución de problemas de una forma rápida y sencilla [34].

3.11.2 Tipos de softwares estadísticos.

En la actualidad existe un gran número de paquetes de softwares estadísticos, los cuales cada uno de ellos cuenta con diferentes factores que los diferencia, como la facilidad de manejo de información, costos de licencia e interfaz, a lo cual mantienen una relación que es ayudar a facilitar la resolución de problemas de análisis estadístico [34].

Entre los diferentes paquetes de softwares se encuentran al menos aproximadamente 11 programas para el análisis estadístico y resolución de problemas como lo son: Matlab, Lenguaje R, Minitab y uno de los más populares que es Microsoft Excel, entre otros como se muestra en la Figura 13 [34].

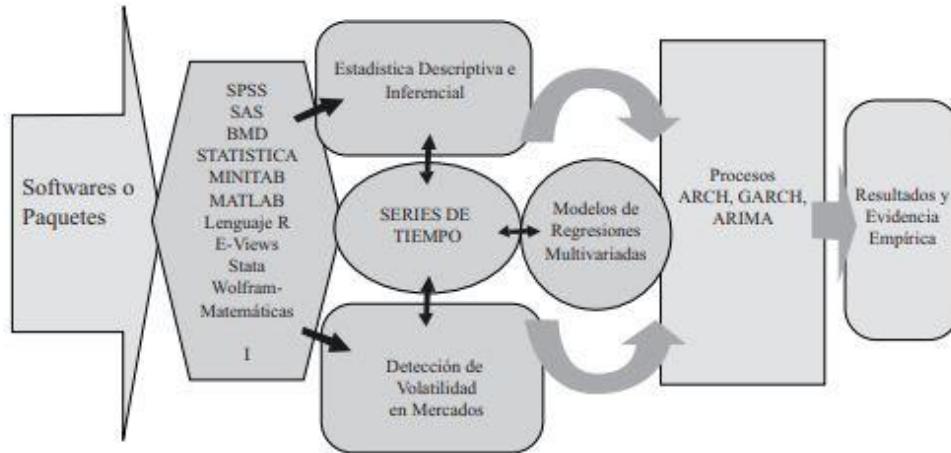


Figura 13. Tipos de softwares de análisis estadístico (Fuente: [34])

3.11.3 Minitab.

Minitab un software estadístico bastante similar a Microsoft Excel desarrollado en el año de 1972 por un grupo de instructores del programa de análisis estadísticos de la Universidad Estatal de Pensilvania el cual está diseñado para realizar funciones estadísticas tanto avanzadas como básicas. Cuenta con una interfaz a su vez sencilla aunque amplia en cuestión de funciones como se muestra en la Figura 14 [34].

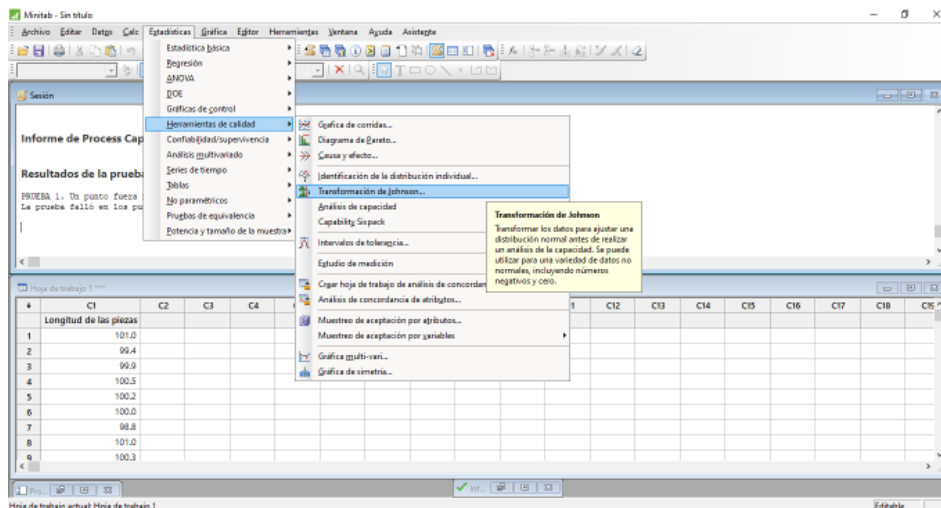


Figura 14. Interfaz de software Minitab 2017 (Fuente: Elaboración propia)

Es un software que contempla todos los aspectos necesarios para aplicar la estadística y diferentes técnicas para un mayor aprendizaje del usuario. Dentro de su interfaz contiene las principales herramientas de análisis estadístico como lo es generación de hipótesis, ANOVA, DOE, regresión lineal, control de calidad, gráficos de control, herramientas de calidad, estadística básica, entre muchas más opciones [34].

3.11.5 Microsoft Excel.

Microsoft Excel es un software que fue desarrollado en el año de 1980 por Dan Brincklin y Microsoft el cual consta de una hoja de cálculo diseñada para la generación y aplicación de fórmulas, manipulación de datos, generación de gráficos y principalmente la resolución y análisis de problemas estadísticos como se muestra en la Figura 15 [35].

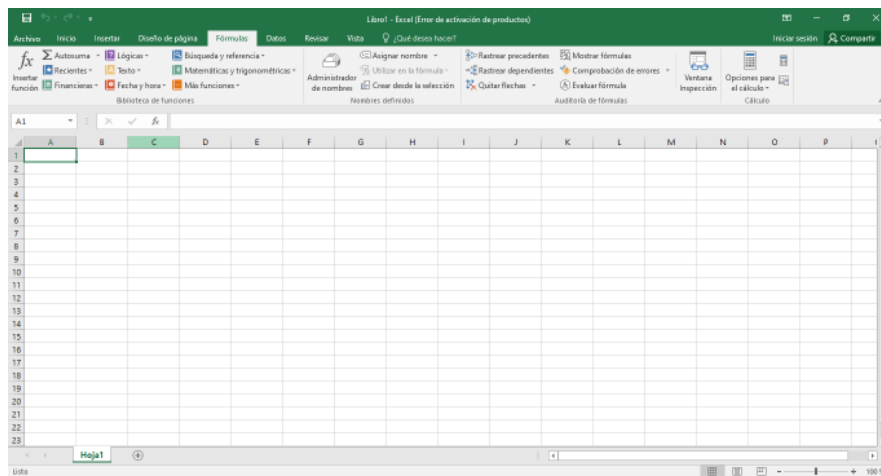


Figura 15. Interfaz de software Microsoft Excel (**Fuente:** Elaboración propia)

Excel es un programa que permite a cualquier usuario el aprender a manejar y aplicar fórmulas para determinado número de problemas, así como la organización y comprensión de información (datos) para la obtención de resultados más confiables y el uso de gráficos que ayudaran al usuario a tener una mejor interpretación y concusión de los datos [35].

CAPITULO 4

DESARROLLO

4.1 Metodología de trabajo.

Para llevar a cabo la ejecución del siguiente proyecto se siguió una metodología de trabajo como se muestra en la Figura 16; basada en incrementar la disponibilidad de alguno de los equipos del área de Rotograbado, mediante técnicas y herramientas las cuales serán aplicadas para obtener un resultado favorable dentro del área y de la empresa.

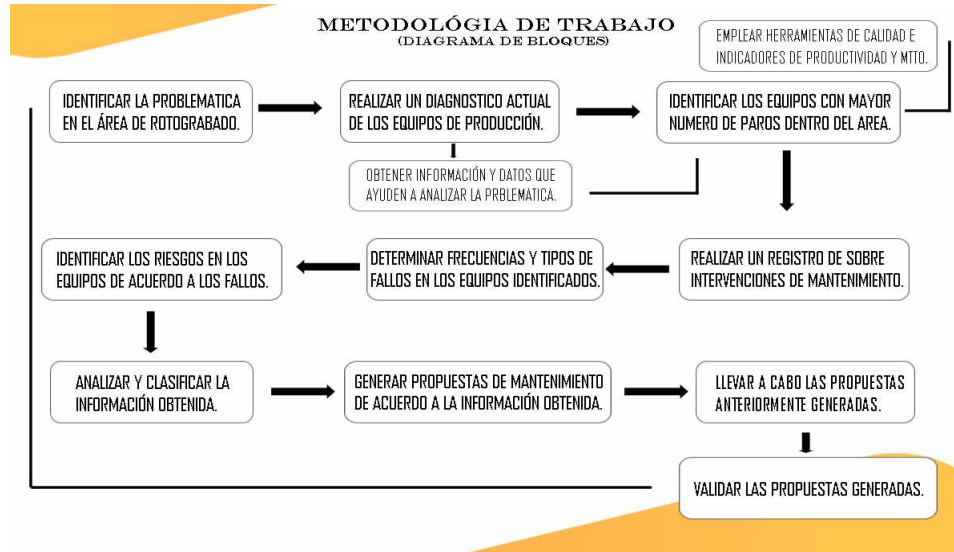


Figura 16. Metodología de trabajo (Fuente: Elaboración propia)

Dentro de la empresa CARTWOOD S.A de C.V en la línea de producción rotograbado, se cuenta con cinco máquinas de avance rotativo que dan forma a la caja de impresión que son R1, R2, C1, C2 y Z1 donde al ser una de las áreas de mayor volumen de trabajo, los equipos tienden a fallar en ocasiones por lapsos de tiempo cortos o prolongados, donde generalmente suelen ser por cuestiones de refacciones, mala operación y mantenimientos preventivos.

De esta manera se reduce la disponibilidad de los equipos para trabajar de manera fluida, lo que provoca un costo mayor por mantenimientos correctivos y a su vez una pérdida de producción.

Principalmente en la línea de producción, dos máquinas cuentan con un registro continuo de fallos y por ende un número alto de paros las cuales son R1 y R2, debido a que son operadas de lunes a sábado a respecto de las otras que no operan los cinco días de la semana.

Mediante una serie de actividades se ha detectado la problemática dentro de la línea, lo que provoca un constante número de fallos y por consecuencia el paro automático de las máquinas. Se determinó que la problemática que conlleva a presentar fallos en las máquinas se basa en tres cuestiones:

- Malas presiones a rodillos.

En este punto, el personal que opera la máquina tiende a introducir una presión mayor a la requerida en los rodillos, lo cual provoca que el rodillo mantenga una alta presión al punto de expandirse y botar las mangas del embossing, por lo tanto, esto conlleva a parar la máquina para poder retirar las mangas del rodillo y volver a introducir otra nuevamente como se muestra en la Figura 17.



Figura 17. Rodillos del embossing (Fuente: Elaboración propia)

- Capado de tornillería.

En cuestión a la ruptura de tornillos, el personal que opera en la maquina al querer introducir un tornillo en los carros de la máquina, no le da el torque adecuado al tornillo, ya que lo aprietan de más, esto provoca que se cape el tornillo en un lapso corto y tener que parar la maquina en automático para poder retirarlo y colocar otro tornillo nuevo como se muestra en la Figura 18.



Figura 18. Tornillo capado en rodillo de carro (Fuente: Elaboración propia)

- Mantenimiento a rodamientos y chumaceras.

Por último, un factor importante es el mantenimiento a los rodamientos y chumaceras con los que cuentan las máquinas, debido que al manejar materiales como cartón, barniz y pintura tienden a dañarse lo que ocasiona que el tiempo de uso de los rodamientos sea menor y que el desgaste en las chumaceras sea mayor por no asignar un tiempo para brindarle un mantenimiento preventivo como se muestra en la Figura 19.



Figura 19. Chumaceras dañadas (Fuente: Elaboración propia)

Al analizar la información obtenida conforme a los tipos de fallos detectados en las máquinas se pasa a generar una serie de propuestas de mantenimiento y operación con la finalidad de poder atacar directamente y reducir fallos por las cuestiones identificadas, para que así la máquina trabaje de manera fluida sin paros por algún tipo de anomalía. Algunas de las propuestas generadas para su aplicación son:

- Capacitación al personal.
Capacitar al personal que opera las máquinas de manera directa en el área de rotograbado en un lapso de tiempo determinado, para que adquiera un mejor conocimiento y habilidades sobre como ejecutar diferente serie de actividades en la máquina para no provocar una serie de paros constantes por las mismas cuestiones.
- Programación de mantenimiento a componentes críticos.
Programar una serie de mantenimientos preventivos por parte del personal operativo en distintos periodos de tiempo a componentes de suma importancia para el buen funcionamiento de la máquina, con la finalidad de prevenir algún fallo

a corto plazo por falta de un previo chequeo o mantenimiento y mantener en óptimas condiciones dichos componentes para alargar su ciclo de vida.

4.2 Descripción y diagnóstico general de los equipos en la línea de producción Rotograbado.

Dentro de la línea de producción Rotograbado se cuenta actualmente con cinco máquinas de producción de avance rotativo las cuales su principal función es dar forma a la caja de impresión mediante una serie de cuerpos donde en cada uno de ellos se lleva a cabo un grabado en el pliego de cartón, conforme al diseño y cliente establecido para después pasar a troquelar el grabado terminado y obtener como resultado final una impresión de una caja de cartón lista para pasar a inspección de calidad y poder armar y mandar al cliente final como se muestra en la Figura 20.



Figura 20. Caja de cigarrillos Marlboro (Fuente: Elaboración propia)

4.2.1 Proceso de impresión del cartón.

Para poder adentrarnos más al diagnóstico de las máquinas, es importante primero conocer de manera breve como se lleva a cabo el proceso de impresión de la caja de cartón mediante las cinco diferentes máquinas establecidas en el área de Rotograbado.

- SECCION #1

Para empezar con el proceso de impresión de la caja de cartón, el primer paso es montar la bobina de cartón en la primera sección de la máquina denominada porta bobina, donde su función principal es desenrollar de manera continua el rollo, con la finalidad de abastecer cartón en los diferentes cuerpos de impresión de la máquina como se muestra en la Figura 21.



Figura 21. Sección de portabobina (Fuente: Elaboración propia)

- **SECCION #2**

Pasada la primera sección del desenrollado de la bobina de cartón, se pasa a la segunda sección de la máquina que consta de una serie de cuerpos de impresión los cuales contienen un número de rodillos los cuales cada uno cuenta con un grabado especial y un color diferente de tinta por donde pasa el cartón, en el que se obtiene una impresión conforme al proveedor establecido como se muestra en la Figura 22 y 23.



Figura 22. Sección de cuerpos de impresión (**Fuente:** Elaboración propia)



Figura 23. Bobina impresa (**Fuente:** Elaboración propia)

- SECCION #3

Pasado el cartón por los diferentes cuerpos de impresión, como tercera sección se encuentra el realce, donde simplemente es una sección que realiza el realzado del logotipo de la marca en el cartón o de algún otro punto de la impresión como se muestra en la Figura 24.



Figura 24. Sección de troquelado (Fuente: Elaboración propia)

- SECCION #4

Como cuarta sección se tiene el troquelado de la impresión la cual consta de hacer las marcas de los dobleces en la caja de cartón, así como cortar los extremos que no se utilizan para que solo salga la forma de la caja lista como se muestra en la Figura 25.



Figura 25. Troquelado del cartón (Fuente: Elaboración propia)

- SECCION #5

Como última sección en el proceso se tiene la obtención y revisión de la impresión de la caja, con el fin de que los inspectores de calidad vean que la impresión esta correcta y los operadores poder agrupar en bonches las cajas obtenidas para pasar a colocarlas en tarimas y emplayar para mandar al almacén como producto terminado y realizar la entrega al cliente final como se muestra en la Figura 26.



Figura 26. Producto terminado e inspección de calidad (Fuente: Elaboración propia)

Conocido el proceso de impresión de la caja de cartón se procede a realizar una descripción general de los cinco equipos con la finalidad de identificar varios factores como su número de cuerpo de impresión, materiales que trabajan, modelo, marca, entre otros como se muestra en las siguientes Tablas.

Maquina	Diagnóstico
C1	

	<p>Maquina Cerutti #1 es una máquina de origen alemán, modelo R980 que cuenta con una estructura amplia que mantiene 8 cuerpos de impresión con cabina de portabobina y troquel.</p> <p>Cuenta con una velocidad mecánica de 400 m/min con un accionamiento de eje electrónico, la cual realiza impresión de cartón especialmente para proveedores de cervecería como Tecate, Ultra, Corona, entre otros.</p>
---	---

Tabla 1.4 Diagnostico de maquina C1 (Fuente: Elaboración propia)


Maquina	Diagnóstico
<p style="text-align: center;">C2</p>	<p>Maquina Cerutti #2 es una máquina de origen alemán, modelo R980 que cuenta con una estructura amplia que mantiene 8 cuerpos de impresión con cabina de portabobina y troquel.</p> <p>Cuenta con una velocidad mecánica de 400 m/min con un accionamiento de eje electrónico, la cual realiza impresión de cartón especialmente para proveedores de cervecería como Tecate, Ultra, Corona, entre otros.</p>
	

Tabla 1.5 Diagnostico de maquina C2 (Fuente: Elaboración propia)


Maquina	Diagnóstico
R1	<p>Maquina ROT.CH.82 Lemanic es una máquina de origen italiano de marca BOBST que cuenta con una estructura amplia, que contiene 10 cuerpos de impresión, porta bobina y troquelado de material.</p> <p>Realiza impresión de cartón especialmente para proveedores de tabaco como Malboro, Palmar, Montana, entre otros por estilo.</p>
	

Tabla 1.6 Diagnostico de maquina R1 (Fuente: Elaboración propia)

Maquina	Diagnóstico
R2	<p>Maquina Roto Lemanic Riviera ILS, es una máquina de origen suizo de marca BOBST, la cual cuenta con una amplia gama de cuerpos de impresión (12), portabobina, troquel que ofrece una máxima calidad, productividad.</p> <p>Cuenta con un control del procedimiento de impresión de grabado mediante un manejo bastante automatizado.</p> <p>Realiza tareas de impresión para proveedores especialmente de tabaco como Malboro, Palmar, Montana, entre otros por estilo.</p>
	

Tabla 1.7 Diagnostico de maquina R2 (Fuente: Elaboración propia)


Maquina	Diagnóstico
Z1	<p>Maquina Zerand de origen americana la cual realiza trabajos de impresión para proveedores de cervecería como Tecate, Ultra, Corona, entre otros.</p>
	

Tabla 1.8 Diagnostico de maquina Z1 (Fuente: Elaboración propia)

4.3 Identificación de equipos con mayor número de fallos y paros.

Realizado anteriormente el diagnostico actual de las maquinas dentro de la línea de Rotograbado, este nos permitirá pasar a identificar dentro de los cinco equipos los que contaran con un mayor número o presencia de fallos y paros dentro del proceso de producción de cajas de cartón.

Para llevar a cabo el proceso de identificación además del diagnóstico realizado, se hizo una recolección de datos e información la cual fue proporcionada por parte del personal de trabajo en las máquinas y de mantenimiento para posteriormente pasar a analizarla y determinar cuáles eran los equipos con mayor presencia de fallos en el proceso.

Algunos de los datos e información que se recolecto fue la siguiente como se muestra en la siguiente Tabla 1.9:

Maquina	Información
C1	<p>Horas de trabajo a la semana: 70 hrs Días en operación: 3</p>

	Turnos en operación: Día
C2	Horas de trabajo a la semana: N/A Días en operación: N/A Turnos en operación: N/A (Maquina fuera de operación)
R1	Horas de trabajo a la semana: 120 hrs Días en operación: 5 Turnos en operación: Día / Noche
R2	Horas de trabajo a la semana: 120 hrs Días en operación: 5 Turnos en operación: Día / Noche
Z1	Horas de trabajo a la semana: N/A Días en operación: N/A Turnos en operación: N/A (Maquina fuera de operación)

Tabla 1.9 Información relevante de máquinas (Fuente: Elaboración propia)

Con la información proporcionada por el personal de trabajo y de mantenimiento, a simple vista se puede deducir que las maquinas con mayor número de fallos podrían ser la R1 y R2 debido a que son las máquinas que tienen más tiempo de operación a comparación de los tres restantes, puesto que sus jornadas de trabajo son de lunes a viernes.

Para poder determinar de mejor manera e identificar cuáles son los equipos con mayor número de fallos dentro del proceso de producción, se hará uso de dos indicadores los cuales se aplicaron con datos de un periodo de una semana de trabajo para determinar cada uno de los indicadores como son:

- MTBF (Tiempo medio entre fallos).
- Disponibilidad.

Así mismo, se obtuvieron datos con base de un periodo de los últimos 3 meses que fue julio, agosto y septiembre, los cuales nos ayudaran a llevar a cabo la aplicación de los indicadores como se muestran en la siguiente Tabla 1.10.

- TTT = Tiempo total de trabajo

- TDI = Tiempo de inactividad
- NTP = Número total de paros
- OD = Ordenes disponibles
- OP = Ordenes planificadas

MAQUINA	RECOLECCIÓN DE DATOS						
C1	MTBF						
	TTT	JUL:	AGO:	SEP:	N/A		
	TDI	JUL:	AGO:	SEP:	N/A		
	NTP	JUL:	AGO:	SEP:	N/A		
	DISPONIBILIDAD						
	OD	JUL:	3	AGO:	2	SEP:	N/A
OP	JUL:	3	AGO:	2	SEP:	N/A	
C2	MTBF						
	TTT	JUL:	N/A	AGO:	N/A	SEP:	N/A
	TDI	JUL:	N/A	AGO:	N/A	SEP:	N/A
	NTP	JUL:	N/A	AGO:	N/A	SEP:	N/A
	DISPONIBILIDAD						
	OD	JUL:	N/A	AGO:	N/A	SEP:	N/A
OP	JUL:	N/A	AGO:	N/A	SEP:	N/A	
R1	MTBF						
	TTT	JUL:	186.46	AGO:	229.38	SEP:	315.40
	TDI	JUL:	10.6	AGO:	7.48	SEP:	5.54
	NTP	JUL:	22	AGO:	15	SEP:	21
	DISPONIBILIDAD						
	OD	JUL:	25	AGO:	23	SEP:	20
OP	JUL:	38	AGO:	44	SEP:	26	
R2	MTBF						
	TTT	JUL:	255.20	AGO:	299.48	SEP:	278.28
	TDI	JUL:	22.43	AGO:	11.51	SEP:	4.50
	NTP	JUL:	114	AGO:	20	SEP:	31
	DISPONIBILIDAD						
	OD	JUL:	17	AGO:	20	SEP:	18
OP	JUL:	54	AGO:	30	SEP:	24	
Z1	MTBF						
	TTT	JUL:	N/A	AGO:	N/A	SEP:	N/A
	TDI	JUL:	N/A	AGO:	N/A	SEP:	N/A
	NTP	JUL:	N/A	AGO:	N/A	SEP:	N/A
	DISPONIBILIDAD						
	OD	JUL:	N/A	AGO:	N/A	SEP:	N/A
OP	JUL:	N/A	AGO:	N/A	SEP:	N/A	

Tabla 1.10 Datos para indicadores (Fuente: Elaboración propia)

Obtenidos los datos anteriores de la tabla se procede a realizar la aplicación de la fórmula de los indicadores para analizar y determinar de mejor manera cuales son los equipos que cuentan con mayor número de fallos en el proceso como se muestra en la Tabla 1.11.

MAQUINA	DATOS Y APLICACIÓN DE FORMULA
C1	MTBF
	$MTBF = \frac{613.28 - 0}{0} = 0$
	$MTBF = \frac{264.00 - 0}{0} = 0$
	DISPONIBILIDAD
	$Disponibilidad = \left(\frac{3}{3}\right) (100\%) = 100\%$ $Disponibilidad = \left(\frac{2}{2}\right) (100\%) = 100\%$ $Disponibilidad = \left(\frac{0}{0}\right) (100\%) = 0\%$
C2	MTBF
	$MTBF = \frac{0 - 0}{0} = 0$ (Maquina fuera de operación)
	DISPONIBILIDAD
$Disponibilidad = \left(\frac{0}{0}\right) (100) = 0$ (Maquina fuera de operación)	
R1	MTBF
	$MTBF = \frac{278.28 - 4.50}{31} = 8.83$
	$MTBF = \frac{299.48 - 11.51}{20} = 14.39$
	$MTBF = \frac{255.20 - 22.43}{114} = 2.04$
	DISPONIBILIDAD

	$\text{Disponibilidad} = \left(\frac{25}{38}\right) (100\%) = 66\%$ $\text{Disponibilidad} = \left(\frac{23}{44}\right) (100\%) = 52\%$ $\text{Disponibilidad} = \left(\frac{20}{26}\right) (100) = 77\%$
R2	MTBF
	$MTBF = \frac{315.40 - 5.54}{21} = 14.75$
	$MTBF = \frac{229.38 - 7.48}{15} = 14.49$
	$MTBF = \frac{186.46 - 10.6}{22} = 7.99$
	DISPONIBILIDAD
	$\text{Disponibilidad} = \left(\frac{17}{54}\right) (100\%) = 31\%$ $\text{Disponibilidad} = \left(\frac{20}{30}\right) (100\%) = 67\%$ $\text{Disponibilidad} = \left(\frac{18}{24}\right) (100\%) = 75\%$
Z1	MTBF
	$MTBF = \frac{0 - 0}{0} = 0 \text{ (Maquina fuera de operación)}$
	DISPONIBILIDAD
	$\text{Disponibilidad} = \left(\frac{0}{0}\right) (100) = 0 \text{ (Maquina fuera de operación)}$

Tabla 1.11 Resultado de indicadores (Fuente: Elaboración propia)

Al haber aplicado y obtenido los resultados de los indicadores de disponibilidad y MTBF (tiempo medio entre fallos), en base al periodo tomado, los meses de julio, agosto y septiembre, dado los resultados nos ayudaron de mejor manera a determinar e identificar cuáles son las máquinas que cuentan con mayor número de fallos dentro del proceso de producción en la línea de Rotograbado.

Donde se muestra que el tiempo medio entre fallos en las maquinas en maquina R1 y R2 suele ser corto debido a que se encuentra en un rango de 2 a 14, lo que refleja que los fallos suelen ser más constantes en las maquinas.

Además de mostrar que la disponibilidad de las maquinas en dichos meses se encuentra en un rango de entre 30% al 80% lo que hace ver que ha existido variación en la disponibilidad, ya que en unos meses es baja y en otra es favorable.

Al igual se determinó e identifico que las máquinas que cuentan con mayor índice de fallos son la R1 y R2 debido a que por mes ambas maquinas llegan a presentar entre 20 y 30 paros totales lo cual llega a afectar de gran manera a la producción y a la calidad del producto, además de ser las máquinas que operan generalmente de lunes a viernes durante cada mes.

4.4 Realización de registro sobre intervenciones de mantenimiento.

Dentro del área de mantenimiento, al existir algún reporte de una falla en cualquiera de las diferentes áreas, el personal de mantenimiento acude a la máquina para resolverla ya sea el tipo de fallo, mecánico o eléctrico, en el cual al realizar la intervención de mantenimiento el trabajador por lo general maneja un formato de solicitud de mantenimiento como se muestra en la Figura 27.

El formato contiene datos relevantes como el tipo de mantenimiento aplicado, tipo de falla, descripción de actividades, inicio y fin de reparación, entre otros además de estar firmado por la persona encargada de la máquina, con el fin de hacer mención que se realizó la intervención para la solución correctamente, todo con la finalidad de mantener un manejo de la información más eficiente.

Figura 28. Registro y control de solicitudes de mantenimiento (**Fuente:** Elaboración propia)

Dentro del registro realizado se manejan diferentes apartados de mayor relevancia para el personal que ayudan al manejo y análisis de la información como son:

- Número de folio.
Permite identificar el folio de solicitud que realizó el personal al realizar la intervención.
- Área de intervención.
Permite identificar las diferentes áreas de producción en las que se realizó una intervención de mantenimiento.
- Equipo
Permite buscar la maquina en la que se realizó el mantenimiento, debido que cada área cuenta con un numero de máquinas.
- Descripción de la falla.
Describe de manera general la causante del fallo ocasionado en la máquina.
- Actividades realizadas.
Muestra la actividad que realizó el personal de mantenimiento para solucionar la falla reportada.
- Inicio y termino de falla.
Muestra la hora en la que inicio la falla en la máquina, así como la hora en la que se atendió y por último la hora en la que se dio solución al fallo para poder dejar la maquina en funcionamiento.
- Tiempo ocio.

Muestra el tiempo que estuvo inactivo el equipo debido a la intervención de mantenimiento.

- Tipo de mantenimiento.

Muestra el tipo de fallo que se aplicó para solucionar el problema reportado, ya sea correctivo o preventivo.

En ocasiones se llega a desconocer qué tipo de fallas fueron las más frecuentes dentro de las maquinas, debido a que por día suelen haber hasta aproximadamente 15 intervenciones de mantenimiento por parte del personal mecánicos y electrónicos.

Mediante el registro de solicitudes de mantenimiento, se permite conocer de manera rápida y concisa cuantas intervenciones hubo en las diferentes maquinas en cuestión de solución de problemas, además de mostrar cuales son los tipos de fallos más frecuentes en cualquier máquina y el tiempo que normalmente demora su intervención de reparación.

4.5 Determinación de tipos de fallos y frecuencias.

Al haber identificado las maquinas que presentan mayor número de fallos dentro de la línea de producción Rotograbado y haber realizado un registro y control de intervenciones de mantenimiento se procede a determinar cuáles son los tipos de fallos que más suelen presentarse en las maquinas, así como determinar con qué frecuencia suceden.

Para la determinación de los fallos más frecuentes se utilizaron dos métodos que fueron

- Registro de solicitudes de mantenimiento.

A partir del registro de solicitudes generado se puede determinar cuáles son los fallos con más frecuencia, mediante una serie de pasos sencillos para analizar y clasificar la información como se muestra en la Tabla 1.12.

No°	Pasos
1	Ingresar al registro de solicitudes de mantenimiento actualizado.
2	Dirigirse a las celdas superiores donde vienen los títulos con filtros.
3	Colocarse en el título de área ubicado en la parte superior.
4	Dar click en el filtro y seleccionar el punto de Rotograbado.
5	Colocarse en el título de maquina ubicado en la parte superior.
6	Dar click al filtro y seleccionar el punto de la maquina R1 y R2.

Tabla 1.12 Pasos a seguir en el registro (Fuente: Elaboración propia)

Así mismo se muestra en la Figura 29; de forma visual la serie de pasos mencionados en la tabla anterior.



Figura 29. Serie de pasos para determinar fallos (Fuente: Elaboración propia)

Mediante el registro anteriormente mencionado, al realizar la serie de pasos se logró identificar y determinar cuáles eran los tipos de fallos en cuestión de mecánicos más frecuentes en las maquinas R1 y R2 como se muestra en la Figura 30.

Como primer paso se seleccionó el apartado de “área” que se encuentra en la parte superior donde se seleccionó el área de rotograbado que es donde se encuentran las maquinas que se analizaron, para después seleccionar el apartado de “máquina” que igual se encuentra en la parte superior en donde se desglosan las máquinas de las cuales se seleccionaron la R1 y R2 para determinar.

Por consiguiente, se seleccionó el apartado de “tipo de falla” en el cual se marcaría la casilla de mecánicos debido a que son los tipos que vamos a identificar y analizar donde por último se seleccionaría el apartado de “descripción de la falla” en donde se desglosan una serie de fallos para seleccionar los más frecuentes en las ambas máquinas.



REGISTRO Y CONTROL DE SOLICITUDES DE MANTENIMIENTO										
Folio	Fecha	Area	Equipo	Tipo de falla	Descripción de falla	Actividad realizada	Inicio de falla	Fin de reparaci	Tiempo Oeic	
1924	01/09/2022	Rotograbado	LEMANIC	Mecanico	Reportan tornillo capado.	Se retira tornillo capado y se deja trabajando la maquina.	08:20:00 a. m.	08:49:00 a. m.	00:29	
1925	03/09/2022	Rotograbado	LEMANIC	Mecanico	Tornillo capado en cilindro.	Se retira tornillo capado (Maquina queda trabajando).	05:00:00 p. m.	05:35:00 p. m.	00:35	
1512	05/09/2022	Rotograbado	RIVIERA	Mecanico	Retirar fundas del embosing.	Se retiran fundas de rodillos seccion embosing.	10:02:00 a. m.	11:47:00 a. m.	01:45	
1514	05/09/2022	Rotograbado	RIVIERA	Mecanico	Reportan 2 tornillos capados en carros.	Se retiran tornillos capados de carros, se deja trabajando.	03:16:00 p. m.	03:56:00 p. m.	00:40	
1827	06/09/2022	Rotograbado	RIVIERA	Mecanico	Tornillo capado en carro.	Se retiran tornillo capado en carro portacilindro.	06:12:00 p. m.	06:51:00 p. m.	00:39	
1741	09/09/2022	Rotograbado	LEMANIC	Mecanico	Rodamientos dañado en carro portacilindros.	Se retiran rodamientos con desgaste y se colocan nuevos, maquina se deja trabajando.	08:56:00 a. m.	09:36:00 a. m.	00:40	
1943	10/09/2022	Rotograbado	RIVIERA	Mecanico	Tornillo capado en carro portacilindro.	Se retiran y se colocan nuevos, maquina se deja trabajando.	11:07:00 a. m.	11:34:00 a. m.	00:27	
1744	14/09/2022	Rotograbado	LEMANIC	Mecanico	Se encuentran rodamientos dañados.	Se retiran, se buscan el almacen y se colocan (Maquina se deja trabajando).	04:45:00 p. m.	05:12:00 p. m.	00:27	
1515	18/09/2022	Rotograbado	RIVIERA	Mecanico	Chumaceras dañadas.	Se revisan y se encuentran dañadas, se limpian y se dejan listas.	09:40:00 a. m.	10:52:00 a. m.	01:04	
1517	19/09/2022	Rotograbado	LEMANIC	Mecanico	3 tornillos capados en carros portacilindros.	Se retiran y colocan nuevos, maquina se deja trabajando.	03:24:00 p. m.	04:03:00 p. m.	00:39	
1746	20/09/2022	Rotograbado	RIVIERA	Mecanico	Baleros en mal estado.	Se buscan en almacen y se retiran baleros desgastados y se colocan nuevos (Queda trabajando).	02:11:00 a. m.	02:49:00 a. m.	00:38	
1747	24/09/2022	Rotograbado	RIVIERA	Mecanico	Fudas del embosing.	Se retiran y colocan nuevas en rodillos.	01:04:00 p. m.	02:43:00 p. m.	01:39	
1748	26/09/2022	Rotograbado	LEMANIC	Mecanico	Reportan tornillo capado en carro portacilindro.	Se retira y coloca nuevo tornillo, maquina queda trabajando.	03:46:00 p. m.	04:12:00 p. m.	00:26	
1749	28/09/2022	Rotograbado	RIVIERA	Mecanico	Chumaceras en mal estado.	Se revisan y se les da limpieza a chumaceras, se dejan limpias y se montan, queda trabajando.	09:14:00 a. m.	10:42:00 a. m.	01:28	

Figura 30. Fallos más frecuentes (Fuente: Elaboración propia)

Gracias al registro de intervenciones de mantenimiento se logró identificar y determinar que los fallos más frecuentes en cuestión mecánicamente son los siguientes:

- Tornillos capados.
- Rodamientos desgastados y falta de limpieza en chumaceras.
- Presiones de más en rodillos del embosing.
- Encuesta a operadores y personal de mantenimiento.

Para identificar y determinar aún más a fondo los tipos de fallos mecánicos y su frecuencia con que se presentan dentro de las maquinas se procedió a realizar una encuesta mediante la plataforma Google Forms como se muestra en la Figura 31;



Figura 31. Encuesta en plataforma Google Forms (**Fuente:** Elaboración propia)

Dentro de la encuesta se realizaron una serie de preguntas que sería de ayuda para complementar mejor la información en base a los fallos y frecuencias de los fallos como se muestran en la Tabla 1.13.

No.	Pregunta
1	¿Cuáles son los tipos de fallos mecánicos más comunes?
2	¿Con que frecuencia suelen presentarse?
3	¿En promedio, cuantos fallos anteriormente mencionados suelen presentarse por semana?
4	¿Cuál es el riesgo que implican esos fallos?
5	¿En promedio, cuanto tiempo dura indisponible la maquina por ese tipo de fallos?
6	¿Crees que existe la ausencia de un buen mantenimiento preventivo?

Tabla 1.13 Preguntas para encuesta (**Fuente:** Elaboración propia)

Para llevar a cabo la encuesta se aplicó a personal tanto de mantenimiento como de la línea de producción de rotograbado con la finalidad de conocer su opinión y conocimiento sobre fallos y frecuencias que lleguen a presentarse, ya que ellos son los que trabajan día a día y conocen más sobre la maquina R1 y R2.

Gracias a la buena participación en base a la aplicación de la encuesta hacia los trabajadores del área se obtuvieron buenas respuestas como se muestra en la Figura 32.

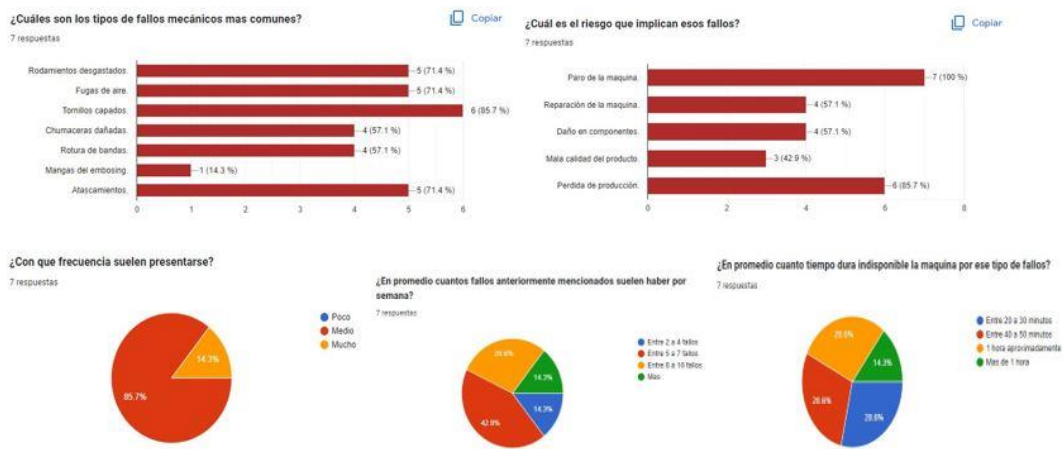


Figura 32. Respuestas de encuesta (Fuente: Elaboración propia)

De igual forma mediante la encuesta aplicada se logró identificar y determinar que los tipos de fallos mecánicos más frecuentes suelen ser:

- Tornillos capados.
- Chumaceras y rodamientos dañados.
- Malas presiones a rodillos del embosaj.

Donde además se logró identificar varios factores importantes como los siguientes:

- Frecuencia.

Respecto a su frecuencia se determinó que su frecuencia suele ser media, debido a que por semana suelen presentarse entre 5 a 7 veces dentro de las maquinas.

- Riesgo

En cuestión a los riesgos identificados generalmente fueron el paro de la maquina como el daño de componentes, puesto que suelen ser los tipos de riesgos que más se presentan.

- Disponibilidad

En base al tiempo de indisponibilidad gracias a los fallos, radica entre los 40 a 50 minutos que se encuentra inactiva la máquina para trabajar.

En base a los fallos mencionados, mediante el software Minitab 17 y recopilación de información se realizaron diagramas causa – efecto con la finalidad de analizar cuáles son los efectos conforme a las causas para determinar de mejor manera los tipos de fallos y como es que se presentan dentro de las maquinas como se muestra en las siguientes figuras:

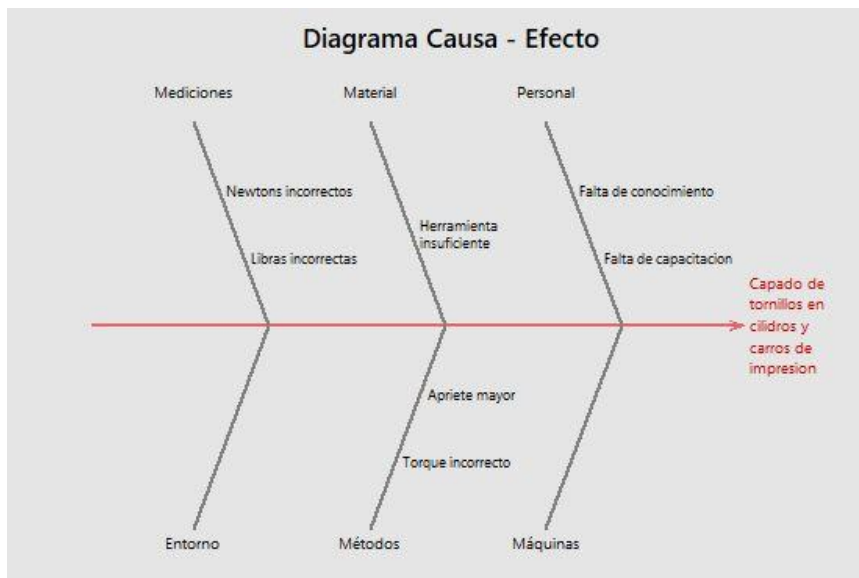


Figura 33. Diagrama causa – efecto sobre tornillos capados (Fuente: Elaboración propia)

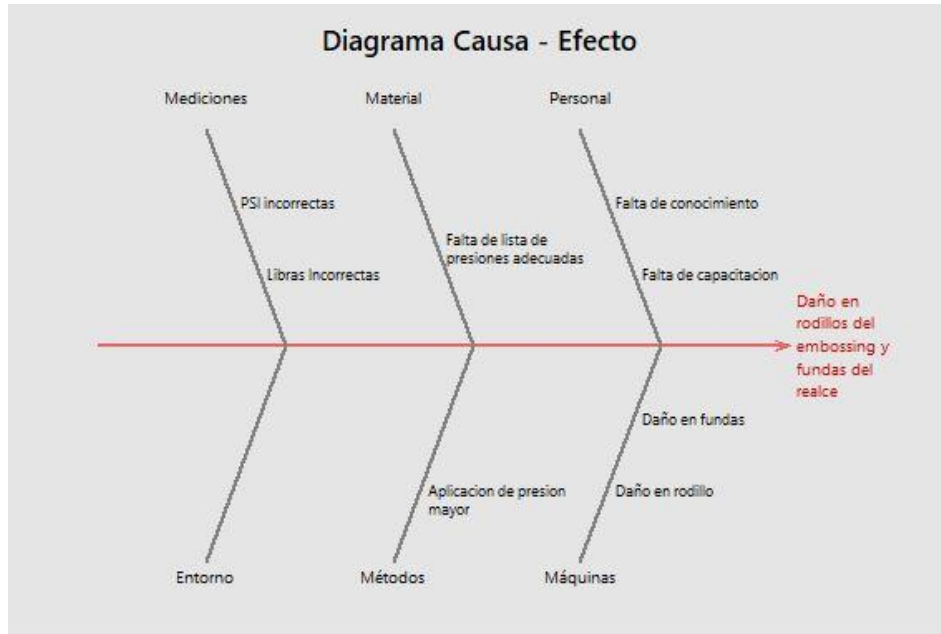


Figura 34. Diagrama causa – efecto sobre presiones incorrectas a rodillos (**Fuente:** Elaboración propia)

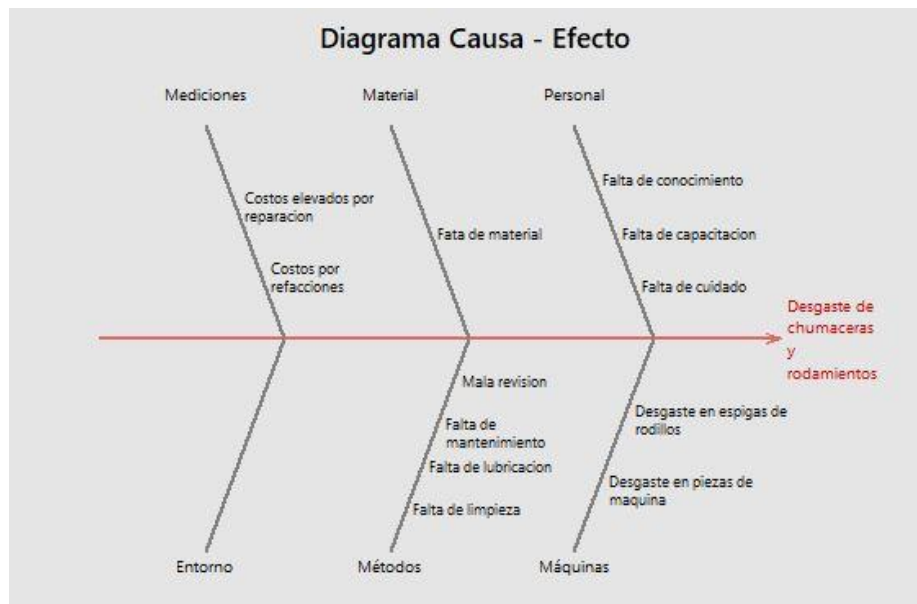


Figura 35. Diagrama causa – efecto sobre desgaste de componentes (**Fuente:** Elaboración propia)

4.6 Identificación de riesgos en base a los fallos.

Dentro de los fallos ocurridos en las maquinas R1 y R2 suelen presentarse diferente serie de riesgos los cuales llegan afectar de manera directa tanto a la maquina como a la línea de producción.

En base a los fallos ocurridos en ambas maquinas como se mencionaron anteriormente que son:

- Tornillos capados.



Figura 36. Tornillo cabeza Allen capado (Fuente: Elaboración propia)

- Presiones elevadas en rodillos del embossing.



Figura 37. Rodillos del embossing dañados (Fuente: Elaboración propia)

- Desgaste de chumaceras y rodamientos.



Figura 38. Rodamiento dañado (Fuente: Elaboración propia)

Suele existir una serie de riesgos los cuales se identificaron mediante el uso del registro y control de intervenciones de mantenimiento, la aplicación de la encuesta a operadores de la línea de producción en cuestión a los fallos y frecuencias y el aporte adicional tanto del personal de mantenimiento como del área de rotograbado.

Los riesgos identificados en las maquinas en base a los fallos presentados fueron los siguientes como se muestran en la Tabla 1.14.

RIEGOS GENERADOS		
R1		
Tornillos capados	Presiones elevadas	Desgaste de chumaceras y baleros
Provoca de manera automática el paro de la máquina, debido a que no se puede trabajar mientras se tenga un tornillo	Provoca de manera automática el paro de la maquina debido a que los rodillos del embossing son una parte fundamental en	Provoca de manera automática el paro de la máquina, ya que se tiene que realizar la intervención por parte del personal de mantenimiento para retirar la pieza y revisar de mejor manera para proceder a realizar una

capado dentro de los carros o los cilindros.	el proceso de impresión del cartón.	serie de actividades para su reparación o solución.
Puede caerse el rodillo de presión debido a que está sujeto mediante tornillos por lo que, al apretarse, el rodillo tiende a caerse, lo que puede llegar a ocasionar un daño mayor a la máquina y al rodillo.	Suelen dañarse las fundas de los rodillos del embossing, ya que al aplicarles presiones elevadas estas suelen deformarse hasta el punto de quedar inhábiles.	Se genera un ruido y daño en la máquina, debido a que los rodamientos al tener desgaste tienden a amarrarse por lo que ya no giran de manera adecuada, lo que genera que se transmita el calor a las bandas y estas lleguen a reventarse.
Genera costos extras para la empresa debido a que, si se cae algún rodillo por un tornillo capado, daña el grabado y se tiene que mandar a reparar lo que significa costos elevados, además de ocasionar algún daño en la máquina.	Los rodillos del embossing suelen hincharse, puesto que al aplicar presión de más en el rodillo tiende a hacerse ovalado por lo que para la impresión del cartón ya no sirve.	Daño en las flechas (espigas) de rodillos de impresión y presión, gracias al rodamiento, donde al existir un desgaste en el rodamiento tiende a no girar de manera correcta lo cual genera que realice movimientos fuertes hasta el punto de llegar a desgastar las espigas de los rodillos y otras piezas que cuenten con rodamientos.
Genera tiempos prolongados de ocio,	Genera pérdida de tiempo de producción	Se mueva el registro lateral en el ocasiona un paro de la máquina, por

<p>lo que genera que la maquina permanezca indisponible por tiempos cortos o largos, ya que se tiene que realizar la intervención por parte del personal de mantenimiento para solucionar el fallo.</p>	<p>ya que el retirar las fundas de los rodillos del embossing suele llevarse un tiempo prolongado, ya que el rodillo se inflama y es más complicado retirar las fundas.</p>	<p>alguna fuga de aire en las chumaceras.</p>
<p>Genera costos extras para la empresa, ya que tienen que mandar a reparación o fabricación piezas con proveedores debido al desgaste generado por el tornillo capado, así como tiempos prolongados de entrega de piezas reparadas o fabricadas.</p>	<p>Genera tiempos prolongados de ocio, lo que genera que la maquina permanezca indisponible por tiempos cortos o largos, ya que se tiene que realizar la intervención por parte del personal de mantenimiento para solucionar el fallo.</p>	<p>Genera tiempos prolongados de ocio, lo que genera que la maquina permanezca indisponible por tiempos cortos o largos, ya que se tiene que realizar la intervención por parte del personal de mantenimiento para solucionar el fallo.</p>
		<p>Genera costos extras para la empresa, ya que tienen que mandar a reparación o fabricación piezas con proveedores debido al desgaste generado por los rodamientos, así como tiempos prolongados de entrega de piezas reparadas o fabricadas.</p>

R2		
Tornillos capados	Presiones elevadas	Desgaste de chumaceras y baleros
Provoca de manera automática el paro de la máquina, debido a que no se puede operar mientras se tenga un tornillo capado dentro de los carros o los cilindros.	Provoca de manera automática el paro de la maquina debido a que los rodillos del embossing son una parte fundamental en el proceso de impresión del cartón.	Provoca de manera automática el paro de la máquina, ya que se tiene que realizar la intervención por parte del personal de mantenimiento para retirar la pieza y revisar de mejor manera para proceder a realizar una serie de actividades para su reparación o solución.
Se pierde el registro en la sección del limpiador puesto que al caparse un tornillo del adaptador del cilindro de impresión puede llegar a ocasionar una rotura de banda.	Los rodillos del embossing suelen hincharse, puesto que al aplicar presión de más en el rodillo tiende a hacerse ovalado por lo que para la impresión del cartón ya no sirve.	Se genera un ruido y daño en la máquina, debido a que los rodamientos al tener desgaste tienden a amarrarse por lo que ya no giran de manera adecuada, lo que genera que se transmita el calor a las bandas y estas lleguen a reventarse.
Se rompe el cartón de impresión al caparse un tornillo y perder la fijación de la barra electrostática por falta de tornillos que fijen correctamente la barra.	Los rodillos del embossing suelen hincharse, puesto que al aplicar presión de más en el rodillo tiende a hacerse ovalado por lo que para la impresión del cartón ya no sirve.	Daño en las flechas (espigas) de rodillos de impresión y presión, gracias al rodamiento, donde al existir un desgaste en el rodamiento tiende a no girar de manera correcta. Esto origina que realice movimientos fuertes hasta el punto de llegar a desgastar las espigas de los rodillos y otras piezas que cuenten con rodamientos.
Se rayan los cilindros de impresión por	Genera pérdida de tiempo de producción	Se mueva el registro lateral en el ocasiona un paro de la máquina, por

<p>algún tornillo que se haya capado que este suelto en la sección de los rodillos.</p>	<p>ya que el retirar las fundas de los rodillos del embossing suele llevarse un tiempo prolongado, ya que el rodillo se inflama y es más complicado retirar las fundas.</p>	<p>alguna fuga de aire en las chumaceras.</p>
<p>Genera tiempos prolongados de ocio, lo que genera que la maquina permanezca indisponible por tiempos cortos o largos, ya que se tiene que realizar la intervención por parte del personal de mantenimiento para solucionar el fallo.</p>	<p>Genera tiempos prolongados de ocio, lo que genera que la maquina permanezca indisponible por tiempos cortos o largos, ya que se tiene que realizar la intervención por parte del personal de mantenimiento para solucionar el fallo.</p>	<p>Genera tiempos prolongados de ocio, lo que genera que la maquina permanezca indisponible por tiempos cortos o largos, ya que se tiene que realizar la intervención por parte del personal de mantenimiento para solucionar el fallo.</p>
<p>Genera costos extras para la empresa, ya que tienen que mandar a reparación o fabricación piezas con proveedores debido al desgaste generado por el tornillo capado, así como tiempos prolongados de</p>		<p>Genera costos extras para la empresa, ya que tienen que mandar a reparación o fabricación piezas con proveedores debido al desgaste generado por los rodamientos, así como tiempos prolongados de entrega de piezas reparadas o fabricadas.</p>

entrega de piezas reparadas o fabricadas.		
---	--	--

Tabla 1.14 Riesgos generados por fallos (Fuente: Elaboración propia)

Conforme a los riesgos identificados se puede determinar que en base a cada uno de los fallos existen varias consecuencias tanto como para el equipo como para la empresa, esto porque la mayoría de los riesgos radica principalmente en parar la máquina, lo que provoca que la producción se vea afectada de gran manera, debido a que se requiere de la intervención del personal de mantenimiento y por consecuencia los paros pueden llegar a ser por tiempos cortos o prolongados lo que genera para la empresa un costo extra como se muestra en la Figura 39.



Figura 39. Intervención del personal de mantenimiento (Fuente: Elaboración propia)

Además se pudo identificar y determinar que otro de los riesgos son los costos extras generados ya sea por algún daño en componentes lo que requiere de manera directa su reparación en donde el costo de reparación puede llegar a ser elevado al ser refacciones o piezas especiales de las maquinas, todo esto a consecuencia de que el personal de

operación no realiza actividades o tareas que son importantes para conservar la maquina en óptimas condiciones para su operación como se muestra en la Figura 40.



Figura 40. Daño en espiga de rodillo (Fuente: Elaboración propia)

Por último, otro de los riegos más presentados es el tiempo de ocio que existe entre el paro de la maquina por el fallo y la reparación de este por el personal de mantenimiento, puesto que estos fallos en algunos casos suelen ser más complejos de lo normal lo que ocasiona que el tiempo de indisponibilidad de la maquina se alargue cada vez más.

En otro de los casos radica en el tiempo de paro de la maquina por un fallos y la reparación de algún componente dañado, ya que se tiene que retirar la pieza dañada para posteriormente mandarse con el proveedor a que la repare, en donde entre ambas partes suele existir un tiempo de ocio, porque la pieza puede ser difícil de reparar por lo delicado que pueden llegar hacer en algunos casos, lo que provoca que el tiempo de inactividad de la maquina dure más de lo previsto como se muestra en la Figura 41.



Figura 41. Rodillo en reparación con proveedor (**Fuente:** Elaboración propia)

4.7 Generación de propuestas.

En base a los problemas identificados dentro de la línea de producción rotograbado que representan un numero de paros constantes en las maquinas R1 y R2 que fueron el capado de tornillería, aplicación de presiones elevadas en rodillos del embossing y mantenimiento a componentes importantes como lo son chumaceras y rodamientos se generaron una serie de propuestas para poder reducir varios aspectos como son:

- Fallos constantes en las máquinas.
Reducir los fallos constantes conforme a los anteriormente mencionados, debido a que suelen ser sumamente frecuentes dentro de las maquinas lo que causa que la producción se vea afectada y por otro lado que piezas de la maquina resulten dañadas y generar un costo extra para la empresa.

- Mal conocimiento del personal operativo.
Reducir la falta de conocimiento por parte del personal operativo dentro de la línea de producción, ya que gracias a actividades o tareas que realizan generan que se produzcan estos fallos debido a su falta de conocimiento, por ejemplo, en no saber

cómo dar el torque adecuado a los tornillos, no saber cuánta presión aplicar a los rodillos y no saber cómo y cuándo darles un mantenimiento a componentes esenciales como chumaceras y rodamientos.

- Reducir los mantenimientos correctivos.

Reducir los mantenimientos correctivos por parte del personal de mantenimiento, ya que generalmente suele presentarse que sucede la falla y se realiza la intervención del personal para corregirla, en vez de haber aplicado previamente un mantenimiento preventivo como, por ejemplo, en revisar si la lubricación en chumaceras y rodamientos es la correcta, si las presiones aplicadas a los rodillos son las correctas.

En base al haber identificado los problemas presentados, se generó una serie de propuestas dentro de la línea de rotograbado, que ayudara y beneficiara tanto al personal de operación como a la conservación de componentes y de la máquina, las propuestas generadas fueron las siguientes:

- Capacitación al personal operativo.

Una de las propuestas generadas es el capacitar al personal de operación, debido a la falta de conocimiento en varias tareas a realizar, que llegan a provocar un fallos y riesgo en la máquina.

Conforme a la propuesta de capacitación al personal, se abarco varios puntos como se muestran en la Tabla 1.15.

PUNTOS DE CAPACITACIÓN	
Nombre de la capacitación:	Objetivo / Propósito
Torque adecuado de tornillos.	Reducir el capado de tornillos dentro de las maquinas.

Aplicación correcta de presiones.	Evitar daño y deformación en rodillos y maltrato en fundas del realce.
Chequeo y mantenimiento a componentes (Chumaceras y rodamientos).	Evitar daño y desgaste en piezas como en espiga de rodillos.

Tabla 1.15 Puntos de la capacitación (Fuente: Elaboración propia)

El objetivo principal de la capacitación es evaluar y aumentar el conocimiento del personal de operación dentro de la línea de producción, con la finalidad de que puedan realizar sus tareas y actividades proporcionadas por el jefe de la línea de manera correcta para evitar en un cierto punto el fallo en alguna de las maquinas por no haber hecho alguna indicación bien y así poder ir reduciéndolos.

- Implementación de un mantenimiento autónomo en la línea de rotograbado.

Mediante la implementación de un mantenimiento autónomo dentro de la línea de rotograbado, la cual fue otra de las propuestas generadas para la reducción de fallos e incrementación de disponibilidad de las maquinas R1 y R2 su principal objetivo es mantener las maquinas en óptimas condiciones para su funcionamiento, donde se abarcan factores como limpieza del equipo, lubricación, revisiones por parte del personal operativo y ajustes en general.

Como propuesta se decidió implementar un mantenimiento autónomo con la finalidad de que se las maquinas R1 y R2 se mantengan en correctas condiciones para su operación, puesto que en ocasiones suele haber la ausencia de limpieza, falta de lubricación a piezas como chumaceras, revisiones de componentes críticos para detectar próximos fallos y poder anticiparse a la falla, esto porque el mantenimiento autónomo es de gran beneficio en cuestión a tener el control de factores principales para el funcionamiento de la máquina.

4.7.1 Capacitación de personal.

Ante la falta de conocimiento o experiencia conforme al personal de operación dentro de las maquinas R1 y R2 en rotograbado se optó por llevar a cabo una capacitación la cual va a permitir que el personal operativo cuente con el conocimiento adecuado para realizar tareas de manera correcta y poder evitar a la larga algún riesgo mediante un fallo.

Como principal objetivo la capacitación al personal tiene un beneficio para ambas partes, tanto para la empresa como hacia la persona, puesto que ambas partes salen beneficiadas, por un lado, la empresa en contar con personal capacitado para realizar serie de tareas o actividades reduzcan en cierto momento serie de fallos y riesgos.

Por otro lado, el beneficio hacia la persona puesto que incrementa su conocimiento en la realización de actividades, además de aumentar sus competencias, experiencia y habilidades para trabajar de mejor manera y poder ayudar a otras personas.

Para llevar a cabo la capacitación en los tres eventos que fueron:

- Torque adecuado a tornillos.
- Aplicación correcta de presiones.
- Revisión y mantenimiento a componentes.

Se seleccionaron a # personas las cuales están a cargo de realizar ciertas actividades en donde existe la ausencia de conocimiento.

Para esto, se hizo uso de un formato generado e implementado por la empresa CARTWOOD S.A de C.V que lleva por nombre “Hoja de registro de capacitación” como se muestra en la Figura 42.

HOJA DE REGISTRO DE CAPACITACIÓN					Codigo: R-RH-04			
<div style="float: left; font-family: cursive; font-size: 2em; margin-right: 10px;">Cartwood</div>					Revisión: 6			
					Fecha de Revisión: 29/01/2021			
					Responsable: Recursos Humanos			
					Tiempo de Retención: 3 años			
NOMBRE DEL EVENTO:					<input type="checkbox"/> INTERNO <input type="checkbox"/> EXTERNO			
NOMBRE DEL INSTRUCTOR:								
FECHA (S):		HORA:	LUGAR:					
OBJETIVO/PROPOSITO:								
INDIQUE EL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA EFICACIA:					ASISTENCIA			
3 Reporte de jefe directo. <input type="checkbox"/>		4 Encuesta		1 Examen			2 Indicador	
6 Otros (especifique):				3 Registro de evaluación de la eficacia de capacitación.				
SE ENTREGA DIPLOMA: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No								
No.	No. de Nomina	NOMBRE	PUESTO	FIRMA	1ra. SESION	2da. SESION	3ra. SESION	RESULTADO DE EVALUACION
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
COMENTARIOS:								
RESPONSABLE:					FIRMA DEL INSTRUCTOR:			

Figura 42. Formato de Hoja de registro de capacitación (**Fuente:** Elaboración propia)

El formato cuenta con varios puntos importantes como lo es:

- Nombre del evento.
El nombre del evento hace referencia hacia qué tema se va atacar mediante la capacitación al personal.
- Nombre del instructor.
Como su nombre lo menciono, hace referencia a la persona que va impartir dicha capacitación, la cual debe de contar con cierta experiencia en el tema.
- Objetivo / Propósito.
El objetivo hace referencia hacia lo que se pretende lograr al capacitar a la persona, para obtener los resultados esperados.
- Nombre de integrantes.
Son las personas que van a conformar el evento de capacitación, que cuentan con falta de conocimiento en el tema.

Se acudió al área de Make Ready dentro de la línea de rotograbado para la capacitación del personal, la cual es un área donde normalmente se llevan los carros y cilindros de impresión para su lavado y lubricación, para esto se eligieron a los siguientes participantes e instructor como se muestra en la Tabla 1.16.

Instructor	Participantes
Julio Cesar Montes de Oca Landeros	<ul style="list-style-type: none"> - Edgar Joaquín Reyes Medina - Samuel Hernández Q. - Alfonso Alemán E.

Tabla 1.16 Personal para capacitación (Fuente: Elaboración propia)

Para esto se eligió como instructor al Sr. Julio Cesar Montes de Oca Landeros para impartir el curso de capacitación debido a que cuenta con más de 10 años de experiencia en el área de rotograbado, lo que refleja que ya tiene bastante conocimiento en dichos puntos a evaluar.

- Primer evento de capacitación

“Torque adecuado a tornillos”

Como primera capacitación se llevó a cabo la denominada “Torque adecuado a tornillos” como se muestra en la Figura 43.

HOJA DE REGISTRO DE CAPACITACIÓN			Código:	R-RH-04
NOMBRE DEL EVENTO: TORQUE ADECUADO A TORNILLOS			Revisión:	6
NOMBRE DEL INSTRUCTOR: JULIO CESAR MONTES DE OCA LANDEROS			Fecha de Revisión:	29/01/2021
FECHA(S): 10/10/22 - 11/10/22			Responsable:	Recursos Humanos
HORA: —			Tiempo de Retención:	5 años
LUGAR: Área de Rotograbado			<input checked="" type="checkbox"/> INTERNO <input type="checkbox"/> EXTERNO	
OBJETIVO/PROPOSITO: Reducir el capado de tornillos dentro de los vapores R1 y R2.				
INDIQUE EL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA EFICACIA:			1 Examen	2 Indicador
3	Reporte de jefe directo.	<input type="checkbox"/>	4	Encuesta
5	Registro de evaluación de la eficacia de capacitación.			
6	Otros (especifique):			

ASISTENCIA

Figura 43. Hoja de registro de capacitación para torque a tornillos (Fuente: Elaboración propia)

Conforme al primer evento de capacitación se tuvo una excelente participación por parte de los trabajadores seleccionados, ya que se impartió a los participantes como se les debe de dar el torque adecuado a los tornillos para evitar que estos se capen de manera constante y evitar paros en la maquina por dichos fallos como se muestra en la Figura 44.

Para esta capacitación primero se determinó que los tornillos utilizados para los cilindros de impresión deben de ser de dureza 10.9, debido a que los tornillos manejan diferentes escalas de durezas, por ejemplo: 8.8, 9.8, 10.9 y 12.9; esto porque se considera la dureza adecuada para los cilindros, ya que si se colocan 12.9 al estar más duro tiende a caparse más rápido.

Además de aclarar al personal de trabajo que el torque adecuado para apretar dicho tornillo es de 60 lb/ft ya que, basándonos en una tabla de torques para tornillos según su tipo de dureza, la de 10.9 su torque es de 60 lb/ft.



Figura 44. Primer evento de capacitación (**Fuente:** Elaboración propia)

- Segundo evento de capacitación

“Aplicación de presiones a rodillos”

Como segunda capacitación se llevó a cabo la denominada “Aplicación de presiones a rodillos” como se muestra en la Figura 45.

<i>Cortwood</i>				HOJA DE REGISTRO DE CAPACITACIÓN		Codigo:	B-RH-04	
						Sección:	6	
						Fecha de Revisión:	29/01/2022	
						Responsable:	Recursos Humanos	
						Tiempo de Retención:	3 años	
NOMBRE DEL EVENTO:				Aplicación correcta a rodillos del embosado.		<input checked="" type="checkbox"/> INTERNO <input type="checkbox"/> EXTERNO		
NOMBRE DEL INSTRUCTOR:				JULIO CESAR MONTE DE OCA INNOCENCIO				
FECHA (S):		17/10/22 - 18/10/22		HORA:	—			
LUGAR:				Área de mantenimiento				
OBJETIVO/PROPOSITO: Evitar deformaciones y daño en rodillos y daño en fundas del rolo.								
INDIQUE EL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA EFICACIA:								
				1	Examen	2	Indicador	
3	Reporte de jefe directo: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			4	Encuesta		5	Registro de evaluación de la eficacia de capacitación.
6	Otros (especifique):							
ASISTENCIA								

Figura 45. Hoja de registro de capacitación para aplicación de presiones (Fuente: Elaboración propia)

Respecto al segundo evento de capacitación se tuvo una buena participación por parte de los integrantes, en donde se amplió el conocimiento del personal en cuestión de cuáles son las presiones correctas para aplicar a los rodillos del embosado con el propósito de evitar que el personal de mantenimiento le sea complicado retirar las fundas y además de evitar algún daño para el rodillo como se muestra en la Figura 46.



Figura 46. Segundo evento de capacitación (**Fuente:** Elaboración propia)

- Tercer evento de capacitación

“Revisión y mantenimiento a componentes”

Como tercera capacitación se llevó a cabo la denominada “Revisión y mantenimiento a componentes” como se muestra en la Figura 47.

HOJA DE REGISTRO DE CAPACITACIÓN			Código:	R-RH-04
<i>Cortwood</i> NOMBRE DEL EVENTO: CHEQUEO Y MANTENIMIENTO A COMPONENTES (CHUMACERAS Y RODAMIENTOS). NOMBRE DEL INSTRUCTOR: JULIO CESAR MONTE DE OSA RAMOS FECHA (S): 24/10/22 - 26/10/22 HORA: — LUGAR: Area de rotogravado. OBJETIVO/PROPOSITO: Echar mano y desgrase en piezas como rodillos (Cepillos).			Revisión:	6
			Fecha de Revisión:	29/01/2021
			Responsable:	Recursos Humanos
			Tiempo de Retención:	5 años
			<input checked="" type="checkbox"/> INTERNO	
			<input type="checkbox"/> EXTERNO	
INDIQUE EL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA EFICACIA:			1 Examen	2 Indicador
3	Reporte de jefe directo. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	4 Encuesta	5 Registro de evaluación de la eficacia de capacitación.	ASISTENCIA

Figura 47. Hoja de registro de capacitación para revisión y mantenimiento (**Fuente:** Elaboración propia)

Como último evento de capacitación al personal, se tuvo una buena participación por parte de los integrantes, donde aprendieron a como revisar componentes como chumaceras y rodamientos para cuestión de ver si están en buen estado además de cómo darles un buen mantenimiento rápido para alargar su vida útil como se muestra en la Figura 48.



Figura 48. Tercer evento de capacitación (**Fuente:** Elaboración propia)

4.7.2 Implementación de mantenimiento autónomo.

Para proceder con la implementación de un mantenimiento autónomo dentro de la línea de producción rotograbado en base a las maquinas R1 y R2, como primer paso de identico y determino que se tuviera implementado la metodología de las 5's que son organizar, orden, limpieza, estandarizar y mantener debido a que son la base para la implementación de un mantenimiento autónomo.

Para esto, primeramente, se realizó un programa en el cual se involucraría a todo el personal del área de rotograbado, específicamente en las maquinas R1 y R2, con el propósito que estos cuenten con la responsabilidad de conocer y mantener las maquinas en óptimas condiciones para su funcionamiento, además de poder detectar diferentes tipos de fallos antes de que estos se lleguen a presentar y ocasionar algún paro y por consiguiente algún riesgo.

Para comenzar con la implementación del mantenimiento autónomo se procedió primeramente a buscar y recaudar información que sea relevante de la máquina, ya sea tanto de los manuales de las maquinas R1 y R2, formatos de mantenimiento preventivo y así como de la experiencia y conocimiento del personal operativo con la finalidad de

poder establecer un programa de manera diaria que contemple factores importantes para la conservación de la maquina como se muestra en la Figura 49.



Figura 49. Recaudación de información relevante (**Fuente:** Elaboración propia)

Se procedió a realizar un registro o formato que será llenado por parte del personal operativo de las maquinas cada que realice cada una de las actividades que se mencionan, el cual cuenta con el objetivo de evaluar y confirmar que las actividades se realicen por el personal para mantener el equipo en óptimas condiciones para trabajar como se muestra en la Figura 50.

EQUIPO		LEMANIC			PROCESO			IMPRESIÓN DEL CARTON			FECHA												
											MES												
AREA		ROTOGRABADO			EMPRESA			CARTWOOD S.A de C.V															
ITEM	NOMBRE DE LA PIEZA O COMPONENTE	SEMANA	LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES			SABADO			DOMINGO		
			B	M	N/A	B	M	N/A	B	M	N/A	B	M	N/A	B	M	N/A	B	M	N/A	B	M	N/A
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
21																							
22																							

Figura 50. Formato de mantenimiento autónomo (Fuente: Elaboración propia)

Para poder complementar de manera correcta el formato se recaudó información por parte del personal de mantenimiento en base a los manuales de las máquinas y los formatos de mantenimiento preventivo, donde se obtuvieron los siguientes puntos para que el personal de operación realice en el formato:

- Limpieza de área de trabajo
- Limpieza de la máquina.
- Limpieza de los carros de impresión.
- Limpieza de tinta derramada.
- Limpieza de acumulación de restos de cartón.
- Identificar ruidos anormales.
- Engrasar adaptadores.
- Limpieza de cilindros.
- Revisar nivel de grasa en sección embossing.

En donde cada una de las actividades antes mencionadas, son de gran importancia para mantener la maquina en óptimas condiciones para su funcionamiento, debido que al

manejar materiales como cartón, barniz y tintas suele existir la presencia de mucha acumulación de suciedad, donde ocasiona que componentes tengan un desgaste más rápido, no realicen correctamente su función y en general que la maquina no trabaje de la manera más adecuada.

Para esto toda la serie de actividades se plasmaron dentro del formato de mantenimiento autónomo, con el propósito de que los operadores mantengan una responsabilidad de cuidar y mantener la maquina siempre limpia, componentes en buenas condiciones y su área de trabajo limpia y ordenada para trabajar como se muestra en la Figura 51 y 52.


		FORMATO DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO				FECHA										
						MES										
EQUIPO		R1 LEMANIC		PROCESO		IMPRESIÓN DEL CARTON										
AREA		ROTOGRABADO		EMPRESA		CARTWOOD S.A de C.V										
ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	SEMANA	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
			B	M	N/A	B	M	N/A	B	M	N/A	B	M	N/A	B	M
1	Limpieza de area de trabajo.															
2	Limpieza de la maquina.															
3	Limpieza de carros de impresión.															
4	Limpieza de cilindros de impresión.															
5	Limpieza de tinta acumulada.															
6	Limpieza de acumulacion de residuos de carton.															
7	Limpieza de chumaceras.															
8	Limpieza de rodamientos.															
9	Identificar ruidos anormales.															
10	Estado de controles de mando.															
11	Estado de contenedores de tinta.															
13	Lubricacion de rodamientos.															
14	Lubricacion de adaptadores.															
15	Lubricacion de chumaceras.															
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
B (BUENO) M (MALO) N/A (NO APLICA)			SUPERVISOR													

Figura 51. Formato con actividades de mantenimiento autónomo maquina R1 (Fuente: Elaboración propia)


		FORMATO DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO				FECHA										
						MES										
EQUIPO		R2 RIVIERA		PROCESO		IMPRESIÓN DEL CARTON										
AREA		ROTOGRABADO		EMPRESA		CARTWOOD S.A de C.V										
ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	SEMANA	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
			B	M	N/A	B	M	N/A	B	M	N/A	B	M	N/A	B	M
1	Limpieza de area de trabajo.															
2	Limpieza de la maquina.															
3	Limpieza de carros de impresión.															
4	Limpieza de cilindros de impresión.															
5	Limpieza de tinta acumulada.															
6	Limpieza de acumulacion de residuos de carton.															
7	Limpieza de chumaceras.															
8	Limpieza de rodamientos.															
9	Identificar ruidos anormales.															
10	Estado de controles de mando.															
11	Estado de contenedores de tinta.															
12	Estado de grasa en seccion embossing.															
13	Lubricacion de rodamientos.															
14	Lubricacion de adaptadores.															
15	Lubricacion de chumaceras.															
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
B (BUENO) M (MALO) N/A (NO APLICA)			SUPERVISO													

Figura 52. Formato con actividades de mantenimiento autónomo maquina R2 (**Fuente:** Elaboración propia)

Dicho formato realizado se colocaría en una posición en la maquina donde fuese visible para el personal de operación, para que así al momento de que este realice una actividad pueda registrarla y llevar un mejor control de toda actividad realizada.

CAPITULO 5

RESULTADOS

Generadas las propuestas para reducir la frecuencia de los fallos de tipo mecánico, que fueron aplicadas dentro del área, se obtuvo una buena participación por parte del personal de operación en las máquinas R1 y R2, además de buenos resultados que benefician tanto a la empresa como a la persona.

- Capacitación de personal.

Concluidos los tres eventos de capacitación hacia el personal de operación en la línea de producción rotograbado, en general se obtuvo una buena participación por parte de los integrantes del área como se muestra en las Figuras 53, 54 y 55; donde cada uno de ellos logro ampliar su conocimiento conforme a la realización de diferentes actividades como:

- Darles el torque adecuado a los tornillos.
- Conocer las presiones correctas para aplicar a los rodillos.
- Saber revisar y dar un mantenimiento a componentes esenciales para la máquina.

Cartwood

HOJA DE REGISTRO DE CAPACITACIÓN

Código: _____ A-B-C-D
 Ubicación: _____
 Fecha de Emisión: 29/10/22
 Emisor: _____
 Emisor: _____
 INTERNO
 EXTERNO

NOMBRE DEL EVENTO: TODOS ASIGNADO A TORNILLOS
 NOMBRE DEL INSTRUCTOR: JULIO CESAR MORALES DE OSA INNOCENCIO
 FECHA DE: 30/10/22 - 31/10/22 HORA: _____ LUGAR: Área de Integridad
 OBJETIVO/PROPÓSITO: Realizar el control de tornillos dentro de los vehículos B1 y B2

INDIQUE EL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA EFICACIA:
 1 Examen 2 Indicador
 3 Reporte de jefe directo 4 Encuesta 5 Registro de evaluación de la eficacia de capacitación.

6 Otros (especificar): _____

SE ENTREGA DIPLOMA:					ASISTENCIA			RESULTADO DE EVALUACIÓN
SI No					1ra SESIÓN	2da SESIÓN	3ra SESIÓN	
No.	No. de Nomina	NOMBRE	PUESTO	FIRMA				
1	14725	Edgar Jonathan Reyes Medina	Coordinador	<i>[Firma]</i>	✓	✓	✓	
2	13637	José Hernán D.	Batera	<i>[Firma]</i>	✓	✓	✓	
3	13370	Alfonso Alvarado E.	Batera	<i>[Firma]</i>	✓	✓	✓	
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

COMENTARIOS: N/A
 RESPONSABLE: _____ FIRMA DEL INSTRUCTOR: *[Firma]*

Figura 53. Primer evento de capacitación concluido (Fuente: Elaboración propia)

Cartwood

HOJA DE REGISTRO DE CAPACITACIÓN

Código: _____ A-B-C-D
 Ubicación: _____
 Fecha de Emisión: 29/10/22
 Emisor: _____
 Emisor: _____
 INTERNO
 EXTERNO

NOMBRE DEL EVENTO: Aplicación correcta a rodillos del embasing.
 NOMBRE DEL INSTRUCTOR: JULIO CESAR MORALES DE OSA INNOCENCIO
 FECHA DE: 17/10/22 - 18/10/22 HORA: _____ LUGAR: Área de Integridad
 OBJETIVO/PROPÓSITO: Evitar deformaciones y daños en rodillos y chapa en función del nivel.

INDIQUE EL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA EFICACIA:
 1 Examen 2 Indicador
 3 Reporte de jefe directo 4 Encuesta 5 Registro de evaluación de la eficacia de capacitación.

6 Otros (especificar): _____

SE ENTREGA DIPLOMA:					ASISTENCIA			RESULTADO DE EVALUACIÓN
SI No					1ra SESIÓN	2da SESIÓN	3ra SESIÓN	
No.	No. de Nomina	NOMBRE	PUESTO	FIRMA				
1	14725	Edgar Jonathan Reyes Medina	Coordinador	<i>[Firma]</i>	✓	✓	✓	
2	13637	José Hernán D.	Batera	<i>[Firma]</i>	✓	✓	✓	
3	13370	Alfonso Alvarado E.	Batera	<i>[Firma]</i>	✓	✓	✓	
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

COMENTARIOS: N/A
 RESPONSABLE: _____ FIRMA DEL INSTRUCTOR: *[Firma]*

Figura 54. Segundo evento de capacitación concluido (Fuente: Elaboración propia)

Cortwood

HOJA DE REGISTRO DE CAPACITACIÓN

Código: 8-24-04	
Nivel: E	
Fecha de Emisión: 23/02/2011	
Responsable: Recursos Humanos	
Tiempo de Atención: 5 días	

Nombre del Evento: **CHEQUEO Y MANTENIMIENTO A COMPONENTES (Cilindros y Rodillos)**

Nombre del Instructor: **JULIO CESAR MORALES DE OCA EMERSON**

Fecha (d): **24/10/22** - **26/10/22** Hora: **15:00** Lugar: **Área de rotograbado**

Objetivo/Propósito: **Evitar daño y desgaste en piezas como rodillos (Ekipes).**

Indique el método de evaluación de la eficacia:

1	2	3	4	5
Reporte de jefe directo	Encuesta	Registro de evaluación de la eficacia de capacitación		

ASISTENCIA

SE ENTREGA DIPLOMA:		SI		NO		ASISTENCIA		RESULTADO DE EVALUACION
No.	No. de Nombre	ASISTENCIA	ASISTENCIA	ASISTENCIA	ASISTENCIA	ASISTENCIA	ASISTENCIA	
1	11225	Edgar Joaquín Reyes Medina	Coordinador	<i>[Firma]</i>	✓	✓	✓	
2	13631	Josel Hernández R.	Revisor	<i>[Firma]</i>	✓	✓	✓	
3	13370	Alfonso Alvarado E	Revisor	<i>[Firma]</i>	✓	✓	✓	
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								

COMENTARIOS: *N/A*

RESPONSABLE: *[Firma]* FIRMA DEL INSTRUCTOR: *[Firma]*

Figura 55. Tercer evento de capacitación concluido (Fuente: Elaboración propia)

Llevado a cabo los eventos de capacitación dentro del área rotograbado, además de ampliar aún más el conocimiento del personal, se logró que ellos comenzaran a realizar de manera correcta sus tareas asignadas por los supervisores del área y así a reducir los fallos por cuestiones en donde el personal de operación resulta involucrado.

Gracias a la capacitación, se lograron reducir los números de fallos en base a:

- Tornillos capados

Si bien por semana se llegaban a reportar hasta en 10 ocasiones el capado de tornillos en cilindros de impresión y maquina en general, lo cual daba como resultado un numero de fallos elevados en base a ese tipo. A partir de la capacitación al personal se logró reducir estos fallos ya que en los últimos meses solían solo reportar aproximadamente 4 a 5 tornillos capados, lo que significó un resultado favorable para reducir fallos de ese tipo.

- Malas presiones a rodillos.

En cuestión a la aplicación de malas presiones a los rodillos, se explicó y mostro las presiones correctas que se les deben de aplicar a los rodillos del embossing donde se logró reducir el complicado trabajo de retirar las fundas por parte del personal de mantenimiento y poder terminar más rápido la reparación para poner a funcionar nuevamente la máquina.

- Desgaste de chumaceras y rodillos

Por último, al realizar la capacitación se logró reducir los fallos en base al desgaste de chumaceras y rodamientos, debido a que el personal comenzó a realizar una mejor limpieza y lubricación para mantenerlos en buenas condiciones y evitar que la maquina llegue a entrar en paro por un desgaste en ese tipo de componentes.

- Mantenimiento autónomo.

Al haberse implementado un mantenimiento autónomo dentro de la línea de producción rotograbado, se tuvo resultados positivos ya que el personal de operación mantuvo la responsabilidad de mantener su equipo en óptimas condiciones para su funcionamiento, al efectuar serie de actividades que se plasmaron en el formato generado del mantenimiento autónomo de cada máquina.

Conforme al programa de mantenimiento autónomo implementado, se generó un formato en donde se visualiza toda la serie de actividades que debe de realizar el personal de la máquina para mantenerla en correctas condiciones para trabajar en el turno, donde se maneja un periodo de semana, en el cual cada semana que se opera, la persona debe de registrar en dicho formato si la actividad realizada fue buena, mala o en su caso de aplicar.

Para esto, se colocó el formato a la vista de la persona que se encuentra en la máquina, para que cada que termine de realizar dicha actividad, proceda a registrarla y así poder llevar un mejor control de tareas realizadas por la persona, con el propósito de cuidar de la máquina y mantenerla en buenas condiciones para trabajar como se muestra en la Figura 56.



Figura 56. Personal supervisado en actividades de mantenimiento autónomo (**Fuente:** Elaboración propia)

Al pasar varias semanas se revisó y analizo el formato generado donde se visualiza todo el registro que se llevó por parte del personal de operación de las maquinas R1 y R2, donde se abarco todos los puntos fundamentales para que la maquina pueda funcionar de forma correcta como se muestra en la Figura 57 y 58.

Gracias a la implementación del mantenimiento autónomo en la línea rotograbado, se logró significativamente mantener las áreas de trabajo en correcto estado, en cuestión a la limpieza mediante la buena participación del personal, además de que el personal conociera cada vez más las maquinas con el propósito de darles un buen mantenimiento, lubricación, entre otros puntos para tenerla lista para trabajar y poder evitar a la larga algún fallos y por ende un riesgo como se muestra en la Figura 59.



Figura 59. Áreas de trabajo limpias (**Fuente:** Elaboración propia)

Realizadas las propuestas anteriormente generadas como lo fue la capacitación al personal y la implementación de un mantenimiento autónomo dentro de la línea de producción rotograbado, junto con el apoyo del área administrativa se volvió a realizar una recolección de datos e información respecto a las maquinas R1 y R2 sobre:

- Tiempo total trabajado.
- Tiempo total indisponible.
- Número total de paros.
- Ordenes planificadas.
- Ordenes disponibles.

En base a los meses de octubre y noviembre, con el propósito de volver a realizar un análisis y poder determinar cuál fue el tiempo medio entre fallos, así como el porcentaje de disponibilidad dentro del área, mientras se llevaban a cabo la aplicación de evento de capacitación al personal como la implementación del mantenimiento autónomo, donde se obtuvieron los siguientes datos como se muestra en la Tabla 1.17.

MAQUINA	RECOLECCIÓN DE DATOS		
R1	MTBF		
	TTT	OCT: 199.11	NOV: 136.02
	TDI	OCT: 6.48	NOV: 1.06
	NTP	OCT: 39	NOV: 10
	DISPONIBILIDAD		
	OD	OCT: 16	NOV: 14
	OP	OCT: 24	NOV: 29
R2	MTBF		
	TTT	OCT: 284.14	NOV: 164.48
	TDI	OCT: 4.25	NOV: 0.14
	NTP	OCT: 9	NOV: 2
	DISPONIBILIDAD		
	OD	OCT: 8	NOV: 11
	OP	OCT: 20	NOV: 21

Tabla 1.17 Nuevos datos para indicadores (Fuente: Elaboración propia)

NOTA: Cabe resaltar que en el caso del mes de noviembre solo se obtuvo el registro de datos hasta el día 15.

Obtenida la información anterior se procedió a volver a realizar la aplicación de las fórmulas con la finalidad de analizar y determinar si gracias a las propuestas generadas, los indicadores muestran resultados más favorables para la línea de producción como se muestra en la Tabla 1.18.

MAQUINA	DATOS Y APLICACIÓN DE FORMULA
R1	MTBF
	$MTBF = \frac{199.11 - 6.48}{39} = 4.93$
	$MTBF = \frac{136.02 - 1.06}{10} = 13.49$
	DISPONIBILIDAD
	$Disponibilidad = \left(\frac{16}{24}\right) (100\%) = 67\%$
	$Disponibilidad = \left(\frac{14}{29}\right) (100\%) = 48\%$
R2	MTBF
	$MTBF = \frac{284.14 - 4.25}{9} = 31.09$
	$MTBF = \frac{164.48 - 0.14}{2} = 82.17$
	DISPONIBILIDAD
	$Disponibilidad = \left(\frac{8}{20}\right) (100\%) = 40\%$
	$Disponibilidad = \left(\frac{11}{21}\right) (100\%) = 52\%$

Tabla 1.18 Resultado de indicadores (Fuente: Elaboración propia)

Al termino de aplicar los indicadores mediante la información presentada, en base a los resultados obtenidos se pudieron determinar los siguientes factores:

- Disponibilidad

Conforme al indicador de disponibilidad se realizó un análisis de los resultados obtenidos, donde se identificó que la máquina que tuvo mayores problemas de disponibilidad fue la R1, puesto que no se cumplía la mayoría de las ordenes planificadas al final de cada mes, por lo que su porcentaje de disponibilidad ha sido bastante afectado a comparación de la maquina R2 que su porcentaje de disponibilidad a tenido variación, puesto que el mes de octubre fue donde se vio mayormente afectada como se muestra en la Figura 60.

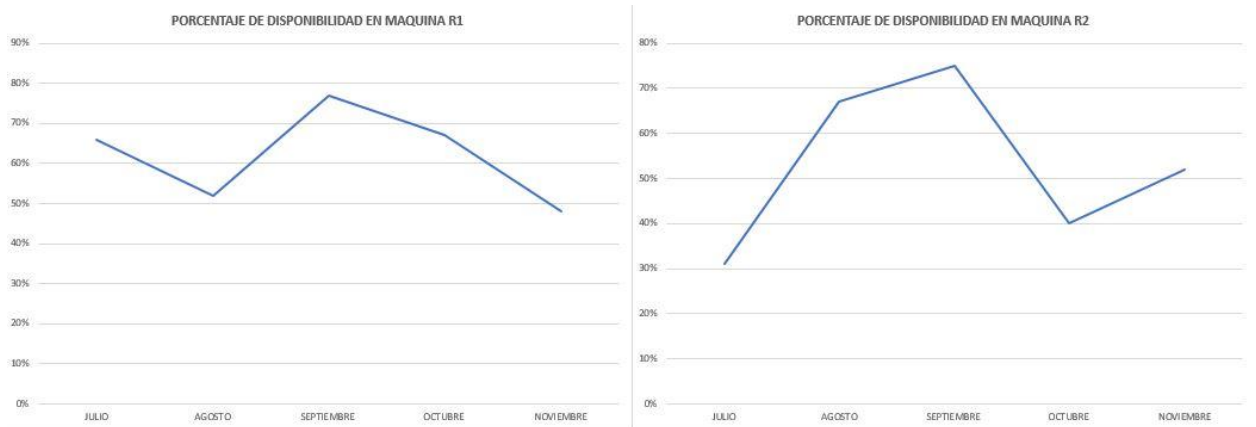


Figura 60. Resultados de disponibilidad en máquinas R1 y R2 (Fuente: Elaboración propia)

- Tiempo medio entre fallos.

Conforme al tiempo medio entre fallos al realizar el análisis de la información, se obtuvieron resultados favorables, puesto que anteriormente resultaba corto el tiempo entre cada fallo, por lo que los fallos solían ocurrir más rápido, en cambio al realizar la capacitación y la implementación de un mantenimiento autónomo se logró aumentar mucho más el tiempo entre cada fallo, para que así los fallos no sean tan frecuentes como se muestra en la Figura 61.

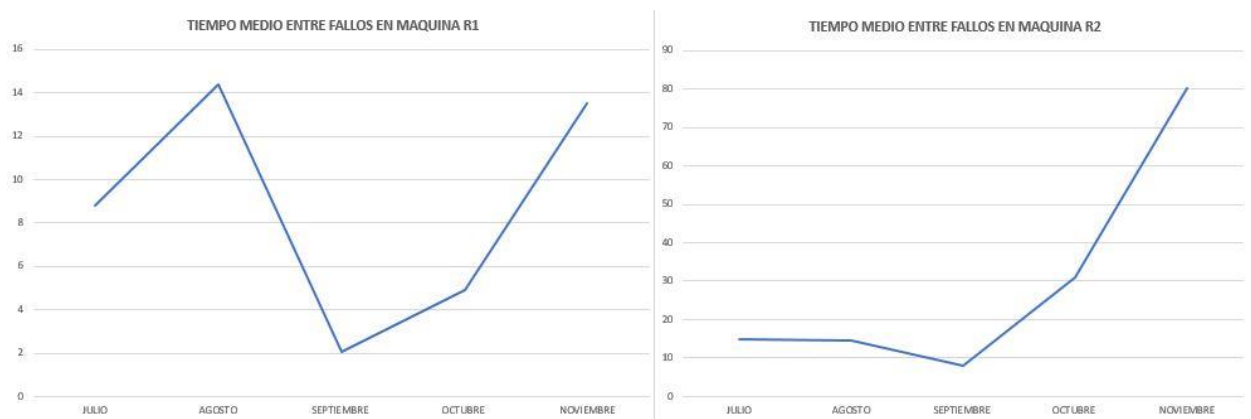


Figura 61. Resultados de tiempo medio entre fallos en maquina R1 y R2 (Fuente: Elaboración propia)

- Fiabilidad.

En cuestión a la fiabilidad, se obtuvieron resultados favorables puesto que al comparar los resultados de los primeros tres meses evaluados que fueron julio, agosto y septiembre ante los últimos dos meses donde se llevaron a cabo las propuestas generadas que fueron octubre y noviembre, hubo un incremento de fiabilidad como se muestra en la Tabla 1.19.

FIABILIDAD					
Primer Periodo			Segundo Periodo		
JUL:	R1 = 8.97	R2 = 15.01	OCT:	R1 = 5.10	R2 = 31.57
AGO:	R1 = 14.97	R2 = 15.29	NOV:	R1 = 13.60	R2 = 82.24
SEP	R1 = 2.23	R2 = 8.47			

Tabla 1.19 Resultados de fiabilidad (**Fuente:** Elaboración propia)

A partir de los resultados de fiabilidad se puede determinar que durante los meses de octubre y noviembre la maquina R2 fue más segura para trabajar, ya que sus fallos se redujeron, por lo que fue la fiable para trabajar a comparación de la R1.

Básicamente, se obtuvieron resultados favorables en cuestión a varios indicadores, a pesar de ser dos máquinas que por ser bastante modernas tienden a tener gran número de complicaciones para trabajar.

Además se logró reducir los mantenimientos correctivos en cuestión a los fallos analizados, ya que anteriormente era bastante común que el personal de mantenimiento fuese a corregir fallos por tornillos capados, retirar chumaceras y rodamientos dañados y presiones a rodillos, en cambio al comenzar a realizar de mejor manera las actividades el personal de operación se logró reducir las intervenciones de mantenimiento correctivo en cuestión a los fallos mencionados, debido a que se empezó a dar un mejor torque a los tornillos, una revisión y mantenimiento a componentes y aplicar presiones correctas.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES

En conclusión, el proyecto realizado, fue de gran beneficio ya que ayudo a identificar y determinar cuáles eran algunos de los tipos de fallos mecánicos que se presentan con mayor frecuencia en las maquinas R1 y R2, debido a ambas maquinas últimamente son las que tienen mayor orden de trabajo, por lo que tienden a presentar jornadas largas de operación donde suele suscitarse gran número de fallos tanto mecánicos como eléctricos.

Al generarse una serie de propuestas para poder incrementar la disponibilidad de las maquinas R1 y R2, así como también el reducir los fallos más frecuentes tipo mecánicos, al haber llevado a cabo las propuestas generadas como fue una pequeña capacitación al personal de operación en varios aspectos, donde se logró ampliar el conocimiento del personal en el aspecto de cómo realizar serie de actividades para reducir algunos tipos de fallos, como la implementación de un mantenimiento autónomo donde se involucró más al personal de la maquina en su cuidado para mantenerla en óptimas condiciones.

Mediante la capacitación del personal en cuestión a los fallos más frecuentes como tornillos capados, presiones a rodillos y revisión y mantenimiento a componentes básicos, los mantenimientos correctivos se redujeron un 4.5%, lo que representa una disminución en paros de máquinas y fallos frecuentes en las maquinas R1 y R2 en base a mecánicos.

Así mismo mediante la capacitación y la implementación de un mantenimiento autónomo, los tiempos medio entre fallos lograron ampliarse más, por lo que además se redujo la presencia de fallos de manera constante, la fiabilidad fue en aumento en la cual se reflejó que la maquina R2 en los últimos meses ha sido más segura para trabajar, por lo que su disponibilidad aumento, donde se logro así incrementar la disponibilidad de las maquinas en un porcentaje no tan elevado como fue un 4%.

Básicamente mediante lo desarrollado en el proyecto, a razón del 10% de incrementación de disponibilidad en máquinas que se planteó desde un principio, se logró un 4% mediante las propuestas generadas como fueron la capacitación e implementación de un mantenimiento autónomo, donde el porcentaje restante queda en reserva ya que un determinado momento se comenzaran a identificar más fallos en cuestión de mecánicos, además de eléctricos para seguir con la implementación de más pilares de un TPM y lograr aumentar el porcentaje de disponibilidad en las maquinas R1 y R2.

6.1 Recomendaciones

- Generar nuevos eventos de capacitaciones en cuestión a diferentes puntos para ampliar más el conocimiento del personal de operación.
- Continuar con los eventos de capacitaciones, para mantener al personal de operación actualizado en conocimientos y reducir cada vez más los fallos más frecuentes.
- Generar nuevas propuestas de mantenimiento en base a tiempos para dar un mantenimiento preventivo en general a la maquina antes de comenzar jornadas laborales para detectar posibles fallos y hacer revisiones.
- Continuar con la implementación y aplicación de un mantenimiento productivo total para mantener las maquinas siempre en correctas condiciones y poder incrementar su disponibilidad aún más para operar en altas jornadas de trabajo.
- Generar puntos de reorden en cuestión a refacciones necesarias en stock para evitar paros extensos de la maquina por falta de refacciones en su momento.
- Generar un nuevo programa de mantenimiento preventivo de manera diaria por parte del personal de mantenimiento para realizar chequeos y mantener en óptimas condiciones las maquinas en general.

- Generar un programa de mantenimiento predictivo a las máquinas para adelantarse a fallos por posibles piezas o componentes próximas a desgastarse y evitar un fallo y por ende un paro de máquina para corregirlo.

CAPITULO 7

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Durante el periodo de mi estancia laborado dentro de la empresa CARTWOOD S.A de C.V, en el área de mantenimiento, logre desarrollar una serie de competencias las cuales me ayudaron tanto en lo personal como en lo profesional, así como en la adquisición de experiencia laboral, puesto que desarrolle diferentes actividades que lograron incrementar mi desempeño donde hice uso de técnicas, herramientas, metodologías para la obtención de mejores resultados.

Algunas de las competencias desarrolladas fueron las siguientes:

- Comprensión y aplicación de la filosofía TPM (Mantenimiento Productivo Total) en base a un mantenimiento autónomo para la mantención de equipos en óptimas condiciones, con la involucración del personal.
- Desarrollo y aplicación de eventos de capacitación dentro de la línea de producción rotograbado para ampliar el conocimiento del personal operativo.
- Generación de propuestas para obtención de resultados positivos para la empresa.
- Desarrollo y aplicación de actividades de mantenimiento preventivo para las maquinas.
- Uso de indicadores para mantenimiento y disponibilidad.
- Generación de formatos para un mejor control y mantenimiento de las maquinas.

CAPITULO 8

FUENTES BIBLIOGRAFICAS

- [1] SÁNCHEZ GÓMEZ ANA MARÍA, “TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO. METODOLOGIA DE APLICACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES ANA MARÍA SÁNCHEZ GÓMEZ 538377 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ALTERNATIVA VISITA TÉCNICA INTERNACIONAL BOGOTÁ 2017,” UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, Colombia , 2017. Accessed: Aug. 25, 2022. [Online]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15585/1/TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO. METODOLOGIA DE APLICACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES.pdf>
- [2] W. Olarte, M. Botero, and B. Cañon, “Abril de 2010,” *Sci. Tech. Año XVI*, vol. 44, pp. 354–356, Apr. 2010, Accessed: Aug. 25, 2022. [Online]. Available: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/h>
- [3] Veloz Kruz Johnny, “HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO,” *MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE*, Dnipro, Ukraine, Nov. 26, 2020. Accessed: Aug. 25, 2022. [Online]. Available: http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/14288/1/Abstracts_DNUZT_2020.pdf#page=8
- [4] “MANTENIMIENTO PREVENTIVO. ESTABLECIMIENTO DE UN EFECTIVO PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO”, Accessed: Aug. 25, 2022. [Online]. Available: www.mantenimientoplanificado.com
- [5] García Garrido Santiago, *MANTENIMIENTO CORRECTIVO Organización y gestión de la reparación de averías*, vol. 4. Editorial RENOVETEC, 2009. Accessed: Aug. 25, 2022. [Online]. Available: www.renovetec.com
- [6] 5. *MANTENIMIENTO PREVENTIVO* . Accessed: Aug. 25, 2022. [Online]. Available: https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/1550/mantenimiento_preventivo_5.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [7] “Mantenimiento Industrial ‘El mantenimiento adecuado minimiza las fallas y maximiza la economía, seguridad y eficiencia’ -INTELLIGENZA SPA MANTENIMIENTO PREVENTIVO,” *INTELLIGENZA*, Feb. 2017, Accessed: Aug. 25, 2022. [Online]. Available: <http://www.intelligenza.cl>
- [8] D. Dubois, *MANTENIMIENTO CORRECTIVO, PREVENTIVO Y PREDICTIVO*, Primera Edicion. Lima , 2007. Accessed: Aug. 25, 2022. [Online]. Available: https://www.academia.edu/14740370/MANTENIMIENTO_CORRECTIVO_PREVENTIVO_Y_PREDICTIVO
- [9] Medrano Márquez José Ángel, González Ajuech Víctor Leví, and Díaz de León Santiago Vicente Miguel, *Mantenimiento: Técnicas y aplicaciones industriales - Medrano Márquez, José Ángel, González Ajuech, Víctor Leví, Díaz de León Santiago, Vicente Miguel - Google Libros*, Ebook. Ciudad de México : Patria , 2017. Accessed: Aug. 25, 2022. [Online]. Available: https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=hZCDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=mantenimiento+correctivo+ventajas+y+desventajas&ots=4OaufDtldG&sig=HejSDmC5qcuKhzIwpzBp__DSAWM&redir_esc=y#v=onepage&q=mantenimiento+correctivo+ventajas+y+desventajas&f=false
- [10] W. Olarte, M. Botero, and B. Cañon, “TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA,” *Sci. Tech. Año XVI*, vol. 45, Aug. 2010.

- [11] J. Alonso, “Libro de Mantenimiento Industrial pdf,” *Academia* .
https://www.academia.edu/35929852/Libro_de_Mantenimiento_Industrial_pdf (accessed Aug. 30, 2022).
- [12] “Cámara termográfica TiS75+ SEISA - SEISA.” <https://seisa.com.co/producto/camara-termografica-tis75/> (accessed Aug. 30, 2022).
- [13] “Analizador de vibraciones para vigilancia de máquina - iPad Vibration Analyzer - Motionics, LLC - portátil.” <https://www.directindustry.es/prod/motionics-llc/product-161298-1651445.html> (accessed Aug. 30, 2022).
- [14] “Medidor del espesores de pared por medio de ultrasonido TO-EE - KERN & SOHN GmbH.” <https://www.kern-sohn.com/shop/es/instrumentos-de-medicion/medicion-de-espesores-de-materiales/TO-EE/> (accessed Aug. 30, 2022).
- [15] E. L. Arias, “El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación,” 2009, Accessed: Oct. 15, 2022. [Online]. Available: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7276>
- [16] I. Oliverio and G. Palencia, “El mantenimiento productivo total y su aplicabilidad industrial,” 2004, Accessed: Oct. 12, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1294/1/RED-67.pdf>
- [17] E. Roa, “Mantenimiento Productivo Total,” 2016, Accessed: Oct. 12, 2022. [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/46919473/InformeGerardo.pdf>
- [18] L. Socconini, “Lean manufacturing. Paso a paso,” 2019, Accessed: Oct. 17, 2022. [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=rjyeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=lean+manufacturing+paso+a+paso&ots=DIFSrYwjfO&sig=_JZQFGyfsu6YTxxpop0sohYrQJjak
- [19] A. E.-C. UANL and undefined 2005, “Kaizen, una mejora continua,” *redalyc.org*, Accessed: Oct. 18, 2022. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/402/40280304.pdf>
- [20] G. G.- Invenio and undefined 2004, “Capacitación efectiva en la empresa,” *redalyc.org*, Accessed: Oct. 10, 2022. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/877/87701209.pdf>
- [21] V. Salinas, L. E.-O. de la Economía, and undefined 2012, “Capacitación y adiestramiento de personal: el camino al éxito de la empresa,” *ideas.repec.org*, Accessed: Oct. 11, 2022. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/erv/observ/y2012i1754.html>
- [22] P. Santiago and G. Garrido, “INDICADORES EN MANTENIMIENTO Indice: Datos e información útil Indices de Disponibilidad Datos e información útil”.
- [23] L. Contec, “MSCP-KPI INDICADORES PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO”.
- [24] J. P. De La Guerra, “Las siete herramientas de la calidad”.
- [25] “3 - Explicar y poner ejemplos de diagramas de flujo - stigestionydesarrollo.” <https://sites.google.com/site/stigestionydesarrollo/recuperacion/recuperacion-gestion/tema-2-el-control-de-gestion/afadfasdf> (accessed Oct. 06, 2022).
- [26] Falcó Rojas Arturo Ruiz, “HERRAMIENTAS DE CALIDAD,” *ACADEMIA* , Mar. 2009. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62425347/HERRAMIENTAS_DE_CALIDAD20200320-96683-1iwjtyp-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1665030022&Signature=PKVUzSZqaf9X9IZv-JxO-uS2gnbEFkF~pUtUTKUYo009pqHa0zQbvoFtN1sK1uWGF3uJ7vadG0j~3hsn37Xejqe8h3QXKdT4L2Hpxssj-euVKAJOIJETdX6Gjv7nGolxFaengtx8GZ49gP3z21AJtUTzaAw3NxiZH1bXI5njEAKo2krqQw88XjS

5STH-Sp3MbvwlBgmX6PPWqAg08i9QbSDial9ef0G00yhhZCmyXHO21s319eL9PJJRhqIjZIMsec
U-u05n1ts-xz-A4xdKYmow-tfDewXyFgXhqchsFbMmvNF7-
6zqKANUjTPfDVfNWhlvwoCDli2l2MqEXfZD2Q__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
(accessed Oct. 05, 2022).

- [27] Gehisy, "Hoja de verificación o de chequeo - Calidad y ADR," *Aprendiendo Calidad y ADR*, Apr. 2017. <https://aprendiendocalidadyadr.com/hoja-de-verificacion-o-de-chequeo/> (accessed Oct. 06, 2022).
- [28] "Revisión general de Histograma - Minitab." <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/graphs/histogram/before-you-start/overview/> (accessed Oct. 06, 2022).
- [29] "Seleccionar una gráfica de dispersión - Minitab," *Soporte de Minitab® 20*. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/help-and-how-to/graphs/scatterplot/create-the-graph/select-a-scatterplot/> (accessed Oct. 06, 2022).
- [30] "Gráficas de control de variables en Minitab - Minitab." <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/supporting-topics/understanding-variables-control-charts/variables-control-charts-in-minitab/> (accessed Oct. 06, 2022).
- [31] "Diagrama de Pareto 80/20 - Blog de empresa: Dirección de empresa, marketing, logística, Recursos Humanos, comercio y finanzas," *Master Logística*. <https://www.masterlogistica.es/diagrama-de-pareto-80-20/> (accessed Oct. 05, 2022).
- [32] Romero Bermúdez Erika and Díaz Camacho Jacqueline, "El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos | Revista Latinoamericana de Estudios Educativos," *REVISTA LATINOAMERICANA DE ESTUDIOS EDUCATIVOS*, México, pp. 127–142, 2010. Accessed: Oct. 05, 2022. [Online]. Available: <https://rlee.iberomex.mx/index.php/rlee/article/view/344/954>
- [33] "El diagrama Ishikawa en las cadenas productivas | Festo ES," *FESTO*, Feb. 2021. https://www.festo.com/es/es/e/tendencias/como-hacer-un-diagrama-ishikawa-para-identificar-los-fallos-de-tu-cadena-productiva-id_646379/ (accessed Oct. 05, 2022).
- [34] A. Robles and ... F. M.-R. T., "USO DE SOFTWARES ESTADÍSTICOS/ECONOMÉTRICOS, COMO HERRAMIENTAS EN LA INVESTIGACIÓN ECONÓMICA Y ADMINISTRATIVA," *tiempoeconomico.azc.uam.mx*, Accessed: Oct. 16, 2022. [Online]. Available: <http://tiempoeconomico.azc.uam.mx/wp-content/uploads/2020/01/38te3.pdf>
- [35] M. Noriega, C. H.-T. de la E. E. y, and undefined 2006, "Excel como una herramienta asequible en la enseñanza de la Estadística.," *redalyc.org*, Accessed: Oct. 10, 2022. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/2010/201021084007.pdf>

CAPITULO 9

ANEXOS



Figura 62. Make Ready, área de limpieza de carros de impresión (**Fuente:** Elaboración propia)



Figura 63. Rodillos dañados por daño en cuerda por tornillos capados (**Fuente:** Elaboración propia)



Figura 64. Falta de limpieza en carros y cilindros de impresión (Fuente: Elaboración propia)

Se adjunta el enlace de la encuesta realizada mediante la plataforma Google Forms, que se aplicó al personal de operación de la línea de rotograbado como del personal de mantenimiento.

<https://forms.gle/EULziPbzguZoZoEx6>