

PROYECTO DE TITULACIÓN
SISTEMATIZACIÓN DE PREVENTIVOS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA INDUSTRIAL

PRESENTA:
ALEJANDRA POLET MARMOLEJO MUÑOZ

ASESOR:
ALEJANDRO PUGA VARGAS

NOVIEMBRE

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES

1. AGRADECIMIENTOS.

Primeramente, agradezco al Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga por brindarme la oportunidad de seguir preparándome, así como a todos los docentes, quienes en el transcurso de mi formación desarrollaron mis aprendizajes tanto profesionales como personales. Así mismo a todos aquellos que formaron parte de mi estancia en el Tecnológico, que con su apoyo, colaboración y motivación me formaron como la ingeniera industrial que soy ahora, gracias por todas las experiencias vividas y por tan acogedora estancia, los extrañaré.

Quiero agradecer al Ingeniero Alejandro Puga Vargas, profesor del Tecnológico de Pabellón de Arteaga, por ser mi asesor interno, por el apoyo que me demostró, por la paciencia que me tubo y por los consejos que me brindo durante el desarrollo de mis residencias, gracias por compartir de sus conocimientos y experiencias, por las dudas resueltas y las sugerencias propuestas durante la realización de mi proyecto.

También agradezco a la empresa Sistemas de Arneses K&S Mexicana S.A De C.V. por su confianza al permitirme desarrollar mis residencias profesionales en su planta, y al personal involucrado en mi proyecto, tanto a mi asesor externo José Alberto González Romero, como operarios, técnicos y supervisores, gracias por su apoyo durante la ejecución de este proyecto.

Así mismo quiero agradecer, a mis amigos que me motivaron a seguir con mis sueños. Gracias infinitas de todo corazón, a mi familia, ya que este logro no es solo mío, si no de ellos, que día tras día me apoyaron y me motivaron a seguir, no tengo palabras para expresar mi gratitud.

Quiero agradecer en especial a mis padres, quienes siempre han confiado en mí, me motivan a seguir y me han apoyado con persistencia en cada paso que doy, gracias papis por su amor incondicional; gracias a mis hermanos y a mi hermana por estar siempre para mí y no dejarme sola, gracias a mis niñas hermosas, por ser pacientes y compartirme un poco de su tiempo, gracias por sus besos y abrazos, fueron de gran ayuda, gracias por esos “tú puedes mami”, gracias por ser mi mayor motivación; gracias a mi esposo quien siempre me ha apoyado a cumplir mis sueños y camina de mi lado,

gracias a cada una de esas personitas que directa o indirectamente me incentivaron a seguir.

Y, por último, pero no menos importante, gracias a Dios, gracias Dios por bendecirme con mi vida, por iluminar mi sendero y darme fuerzas cuando sentía que ya no podía dar más, gracias por siempre estar a mi lado y permitirme culminar lo que un día fue un sueño.

2. RESUMEN.

Las empresas sin importar si son o no del ramo automotriz, lo que buscan es potencializarse en el mercado, ser empresas competitivas, estar donde quieren estar, lograr lo que quieren lograr y ganar lo que quieren ganar. Sin embargo, para que la empresa encuentre éxito en su búsqueda requiere de un engrane que forma parte del gran sistema de funcionamiento. Ese engrane en este proyecto, es el departamento de mantenimiento, quien sin duda alguna requiere de una sistematización en los mantenimientos preventivos. La empresa Sistemas de Arneses K&S Mexicana, planta cables, carece de una sistematización en la programación y realización de mantenimiento preventivo de las máquinas. Se realizan intervenciones en las maquinas a modo que estas presentan alguna falla, es decir, que el mantenimiento que se realiza actualmente es el correctivo, no teniendo registro y mucho menos seguimiento de las fallas presentadas, teniendo como consecuencia paros de maquina totales por tiempos prolongados lo que conlleva al incumpliendo de la tasa de producción.

Es por ello que se desarrolló la “Sistematización de preventivos”, el cual es muy importante ya que planta cables debe asegurarse de que sus máquinas se encuentren en óptimas condiciones, que sean disponibles y eficientes para producir, y cumplir con las expectativas del cliente, esto se logró, realizando una serie de actividades como fueron: realizar inventarios físicos de la maquinaria, determinar la frecuencia de revisión, dar seguimiento a la eficiencia de las maquinas, modificar los documentos para la realización de los preventivos, implementar un análisis de fallas y seguimiento de las mismas, habilitar el Software de mantenimiento preventivo (MP), programar y ejecutar los preventivos con su respectivo seguimiento e implementar la metodología del círculo de Deming para solucionar las fallas prioritarias.

Cabe resaltar que se le debe de dar un seguimiento correcto a la sistematización, por parte del personal responsable, para obtener los resultados deseados.

En el presente documento se presentan los pasos que se desarrollaron al realizar diversas actividades dentro del proyecto, para lograr la sistematización del mantenimiento preventivo mencionado anteriormente.

ÍNDICE.

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES.....	2
1. AGRADECIMIENTOS.....	2
2. RESUMEN.....	4
3. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	8
4. ÍNDICE DE TABLAS.....	11
5. ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	12
CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO	13
6. INTRODUCCIÓN.....	13
7. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO DEL RESIDENTE.....	14
Misión.....	14
Visión.....	14
Política de calidad.....	14
Valores.....	14
Área de trabajo.....	15
8. PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZÁNDOLOS.....	19
9. JUSTIFICACIÓN.....	20
10. OBJETIVOS (GENERAL Y ESPECÍFICOS).....	23
Objetivo general.....	23
Objetivos específicos.....	23
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO	24
Mantenimiento.....	24
Mantenimiento Correctivo (MC).....	24
Mantenimiento Preventivo (MP).....	25

Mantenimiento predictivo.	27
Mantenimiento Productivo Total (TPM).	27
Mantenimiento Autónomo.	29
ISO 9001.	30
IATF 16949-2016 en departamentos de producción y mantenimiento.	30
Ciclo de Deming.	31
KAIZEN.	32
Check list.	32
HOE (Hojas de operación estándar).	33
Inventarios.	33
11. CASOS PRÁCTICOS.	34
MAQUINARIA EN EL PROCESO DEL CABLE.	40
CAPÍTULO 4: DESARROLLO.	45
12. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.	45
Cronograma de actividades.	47
Estudio situacional de las máquinas.	47
Determinar la frecuencia de revisión.	47
Modificar, personalizar y difundir formatos de mantenimiento preventivo.	47
Habilitar software MP (Programar, ejecutar y controlar).	47
Ejecución de mantenimientos preventivos.	47
Análisis de resultados y seguimiento al control de mantenimientos preventivos.	47
Análisis y seguimiento de fallas por medio de PDCA.	47
PLANEAR.	48
Estudio situacional de las máquinas.	48
Determinar la frecuencia de revisión.	50

Instalación de horómetros en máquinas.....	51
Modificar, personalizar y difundir formatos de mantenimiento preventivo.	54
Revisar documentos de Mantenimientos.....	59
HACER.....	63
Habilitar software MP (Programar, ejecutar y controlar).	63
Ejecución de mantenimientos preventivos.	77
VERIFICAR	86
Análisis de resultados y seguimiento al control de mantenimientos preventivos.	86
ACTUAR	87
Análisis y seguimiento de fallas por medio de PDCA.	88
CAPÍTULO 5: RESULTADOS	95
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.....	101
CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS.....	102
13. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS.....	102
CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN	104
15. FUENTES DE INFORMACIÓN.	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
14. ANEXOS.	108

3. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 2. 1 Procesos de producción.....	16
Ilustración 2. 2 Organigrama.	17
Ilustración 2. 3 Organigrama de mantenimiento.....	18
Ilustración 2. 4 Lay Out.	20
Ilustración 2. 5 Lay Out actual.	21
Ilustración 3. 1 Rod mill.	40
Ilustración 3. 2 Medium Draw 1.....	41
Ilustración 3. 3 Drawing 1.....	42
Ilustración 3. 4 Bunching 14.	43
Ilustración 3. 5 Extrusora 5.....	44
Ilustración 4. 1 Diagrama de procesos (Elaboración propia).....	46
Ilustración 4. 2 Diagrama de Ishikawa (Elaboración propia).	49
Ilustración 4. 3 Requisición de horómetros.	50
Ilustración 4. 4 Formato de requisición.....	51
Ilustración 4. 5 Horómetro.	52
Ilustración 4. 6 Control de horas semanales (Elaboración propia).	52
Ilustración 4. 7 Control de eficiencia en horas (Elaboración propia).	53
Ilustración 4. 8 Llenado correcto de formato de requisición.	55
Ilustración 4. 9 Registro de paros de maquina diarios (Elaboración propia).	56
Ilustración 4. 10 Registro de paros de maquina diarios (Elaboración propia).	57
Ilustración 4. 11 Plan de mantenimiento 360 hrs E8.	60
Ilustración 4. 12 Plan de mantenimiento 360 hrs E8.	61
Ilustración 4. 13 Correo de Altas de códigos en el sistema.....	62
Ilustración 4. 14 Listado de códigos de preventivos (Elaboración propia).....	62
Ilustración 4. 15 Base de datos.	63
Ilustración 4. 16 Menú MP.....	63
Ilustración 4. 17 Submenú de equipos.	64
Ilustración 4. 18 Agregar equipos.....	64

Ilustración 4. 19 Lista de máquinas agregadas.	65
Ilustración 4. 20 Menú principal.....	65
Ilustración 4. 21 Submenú de planes de mantenimiento.....	66
Ilustración 4. 22 Agregar plan.	66
Ilustración 4. 23 Agregar partes.	66
Ilustración 4. 24 Partes y actividades.	67
Ilustración 4. 25 Agregar actividades.	67
Ilustración 4. 26 Partes y actividades.	68
Ilustración 4. 27 Menú principal.....	68
Ilustración 4. 28 Submenú equipos.	69
Ilustración 4. 29 Submenú Equipos.....	69
Ilustración 4. 30 Ligar plan de mantenimiento rutinario.	70
Ilustración 4. 31 Selección de plan deseado.	70
Ilustración 4. 32 Ligar plan.	71
Ilustración 4. 33 Ligar plan rutinario.	71
Ilustración 4. 34 Confirmar mantenimientos.	72
Ilustración 4. 35 Editar y confirmar mantenimientos iniciales.	72
Ilustración 4. 36 Submenú ligar plan.	73
Ilustración 4. 37 Menú principal.....	73
Ilustración 4. 38 Trabajos en espera de generarles una OT.	74
Ilustración 4. 39 Trabajo por generar OT.	74
Ilustración 4. 40 Generación de OT.	75
Ilustración 4. 41 Menú principal.....	75
Ilustración 4. 42 Ordenes de trabajo.	76
Ilustración 4. 43 Días programados para preventivos.	76
Ilustración 4. 44 Correo con calendario de preventivos.....	77
Ilustración 4. 45 Plan de mantenimiento 168 hrs E12.	78
Ilustración 4. 46 Plan de mantenimiento 168 hrs E12	79
Ilustración 4. 47 Plan de mantenimiento 168 hrs E12	79
Ilustración 4. 48 Menú principal MP.	80
Ilustración 4. 49 Ordenes de trabajo.	80

Ilustración 4. 50 Ordenes de trabajo.	81
Ilustración 4. 51 OT por cerrar.	81
Ilustración 4. 52 Actualizar lecturas de usos del equipo.....	82
Ilustración 4. 53 Menú principal software.	83
Ilustración 4. 54 Actualizar lecturas de uso.	83
Ilustración 4. 55 Control de horas semanales (Elaboración propia).	84
Ilustración 4. 56 Carpeta de Requisiciones (Elaboración propia).	84
Ilustración 4. 57 Separaciones de carpetas (Elaboración propia).	85
Ilustración 4. 58 Carpeta de planes de Mantenimiento (Elaboración propia).	85
Ilustración 4. 59 Maquina con mayor frecuencia (Elaboración propia).	88
Ilustración 4. 60 Sección NPS.	89
Ilustración 4. 61 Filtro de sección NPS (Elaboración propia).	90
Ilustración 4. 62 Requisición de compra de refacción.	91
Ilustración 4. 63 Recepción de pistón neumático.	92
Ilustración 4. 64 Requisición de instalación de pistón de NPS.	93
Ilustración 4. 65 Puerta NPS.	93
 Ilustración 5. 1 Programa autorizado mayo.	 100
Ilustración 5. 2 Equipo de trabajo mantenimiento.	100

4. ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 4. 1 Cronograma (Elaboración propia).	47
Tabla 4. 2 Diagrama de Gantt (Elaboración propia).	88
Tabla 4. 3 Análisis 5´POR QUÉ (Elaboración propia).	90

5. ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 4. 1 Porcentaje de paro de maquina por área (Elaboración propia).	45
Gráfico 4. 2 Frecuencia total de paros Extrusión (Elaboración propia).	58
Gráfico 4. 3 Tiempo total de paros por maquina Extrusión (Elaboración propia).	58
Gráfico 4. 4 Frecuencia total de paros por máquina (Elaboración propia).	86
Gráfico 4. 5 Tiempo total de paros por máquina (Elaboración propia).	87
Gráfico 4. 6 NPS sección con mayor frecuencia de paros (Elaboración propia).	89
Gráfico 4. 7 Fallas de maquina Extrusora 9 (Elaboración propia).	94
Gráfico 5. 1 Porcentaje de paros de maquina por área (Elaboración propia).....	95
Gráfico 5. 2 Eficiencia en máquinas de elongación de cobre (Elaboración propia).....	96
Gráfico 5. 3 Eficiencia en máquinas de trenzado de cobre (Elaboración propia).	96
Gráfico 5. 4 Eficiencia en máquinas de inyección de PVC (Elaboración propia).....	97
Gráfico 5. 5 Tiempo total de paros por maquina extrusión (Elaboración propia).....	98
Gráfico 5. 6 Frecuencia total de paros Extrusión (Elaboración propia).	98
Gráfico 5. 7 Real-objetivo de horas de paro por mes (Elaboración propia).....	99
Gráfico 5. 8 Real-objetivo de frecuencia de paro por mes (Elaboración propia).	99

CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO

6. INTRODUCCIÓN.

Por mucho tiempo la mayoría de las empresas les han quitado importancia a las actividades de mantenimiento, puesto que para ellas lo más importante es la producción, porque sin producción no hay ventas, y sin ventas no hay ingresos o ganancias. Sin embargo, si no hay disponibilidad de las máquinas, no puede haber producción.

La disponibilidad de las maquinas se ve afectada cuando comienzan a presentar averías en su funcionamiento y se interviene de manera imprevista, lo que contrae inactividad de la maquina durante el tiempo de intervención, tiempo que en ocasiones se prolonga demasiado. Es por eso que la sistematización del mantenimiento preventivo es crucial para cualquier empresa, ya que se interviene en las máquinas de manera oportuna y con los recursos necesarios, evitando interrumpir la producción de las máquinas.

Este proyecto implica primeramente realizar un inventario de todas las maquinas involucradas en el proceso de la realización del cable, así como el estudio de la función de cada una de ellas. Así mismo se implementó un kaizen en las máquinas para controlar la eficiencia de las mismas.

Posteriormente se realizaron modificaciones en las frecuencias de inspección y en los formatos de trabajo de mantenimiento preventivo, cumpliendo los requisitos de la norma ISO 9001. Se implemento el circulo de Deming, llevando un registro de las fallas de máquina, por medio de requisiciones de trabajo, para mejorar continuamente.

Luego de recabar la información necesaria se habilito el software MP, con el cual la empresa ya contaba, se agregó la base de datos necesaria y se comenzó a programar con los resultados que el MP arrojaba.

Por último, se siguió el programa del MP, programando y ejecutando los mantenimientos preventivos, dándole un seguimiento a los resultados, listos para cualquier tipo de auditoría.

Es importante resaltar que se logró minimizar el tiempo de intervención, así como la frecuencia de intervenciones y de la misma manera se maximizo la eficiencia de las máquinas. Sin más preámbulo exploraremos los beneficios de implementar un enfoque sistemático para el mantenimiento preventivo, así como las mejores prácticas para implementarlo de manera efectiva en cualquier empresa.

7. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO DEL RESIDENTE.

Sistemas de Arnese K&S Mexicana S.A. de C.V.

Es una empresa automotriz dedicada a la producción de arneses, se estableció el 09 de julio de 1996 en Av. Japón 126 San Francisco de los Romo C.P. 20300, es de origen japonés y pertenece a la familia de SUMIMOTO WIRING SYSTEMS.

Misión.

Contribuir con la comunidad, los accionistas y los empleados. Para ello, proveer al cliente oportunamente productos de alta calidad y a un costo competitivo, para lograr su satisfacción y asegurar permanentemente ganancias adecuadas.

Visión.

Construir una empresa de alto nivel en colaboración con los compañeros que desborden alegría y energía.

Política de calidad.

En K&S estamos comprometidos con la satisfacción total del cliente, produciendo con alta calidad, bajo costo y puntualidad en las entregas, dando como valor agregado nuestro esfuerzo contante en cada una de nuestras tareas, promoviendo la mejora continua.

Valores.

- Responsabilidad.
- Pasión.
- Motivación.
- Valor.
- Capacitación.
- Trabajo en equipo.

Área de trabajo.

En Sistemas de Arneses K&S Mexicana, se encuentra una división llamada CABLES, en México es la única Planta cables perteneciente al grupo SWS.

Los principales clientes de Planta cables son las arneseras, en Aguascalientes se encuentran tres de ellas, la primera en San Francisco de los Romo que es donde se encuentra planta cables, la segunda en el parque industrial Santa clara y la tercera en Calvillo, las demás plantas se encuentran en Matehuala, Torreón, Juárez y por último Lead Wire en EUA.

Planta cables se dedica a la producción de cable enrollado, actualmente la empresa produce cuatro tipos de cable, AVSS, AVSSH, DIVUS y CHUSR, dependiendo de las especificaciones del cliente es el calibre, color y cantidad que se produce.

Para producir el cable, la planta se divide en 5 procesos que son fundamentales para su elaboración, dichos procesos se pueden observar en la ilustración 2.1.

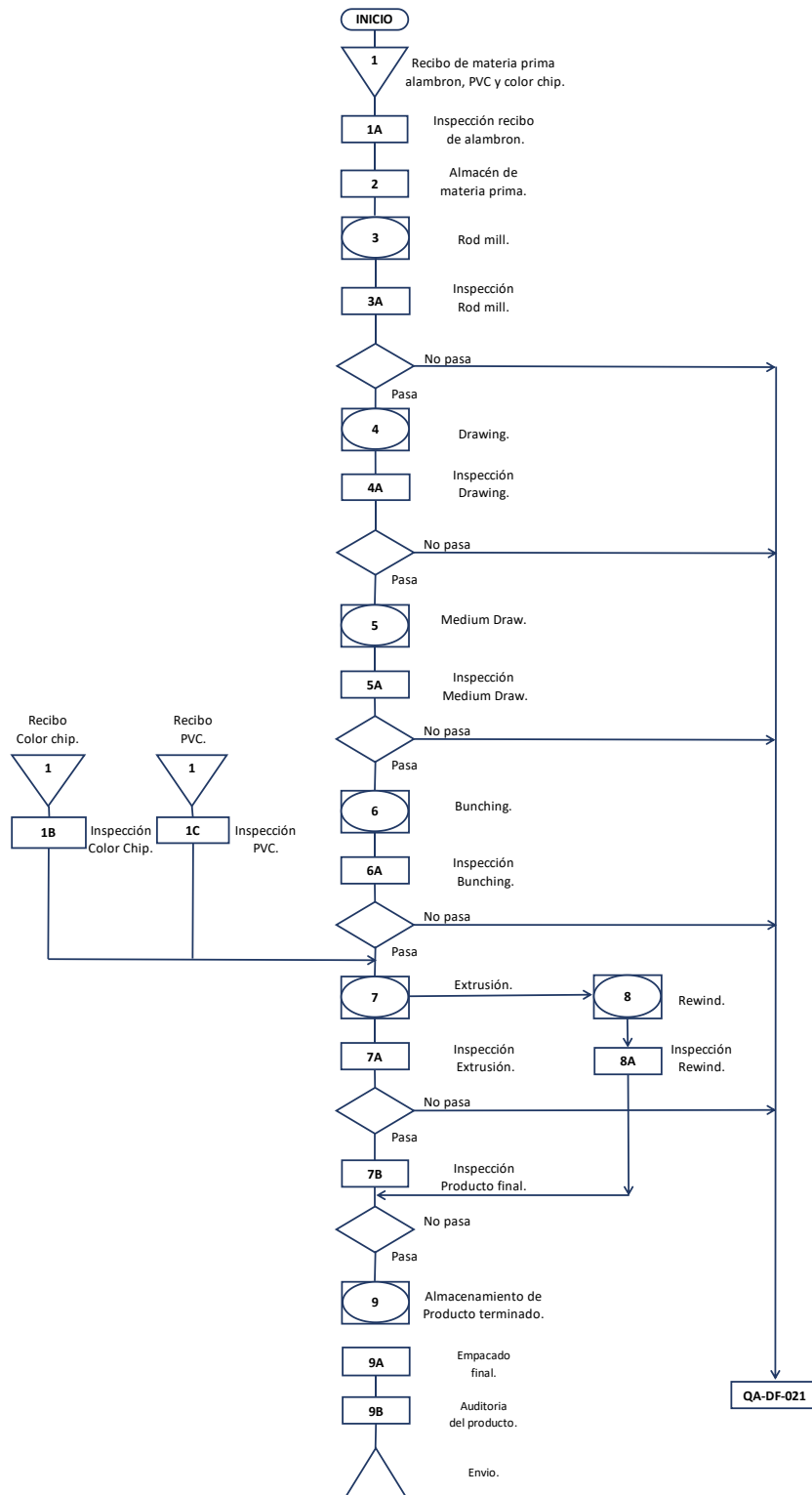


Ilustración 2. 1 Procesos de producción.

Para que el proceso del cable se logre, la planta se compone de diferentes áreas o departamentos, los cuales trabajan en conjunto con su equipo de trabajo para lograr obtener excelentes resultados. La ilustración 2.2 muestra la estructura interna de la planta.

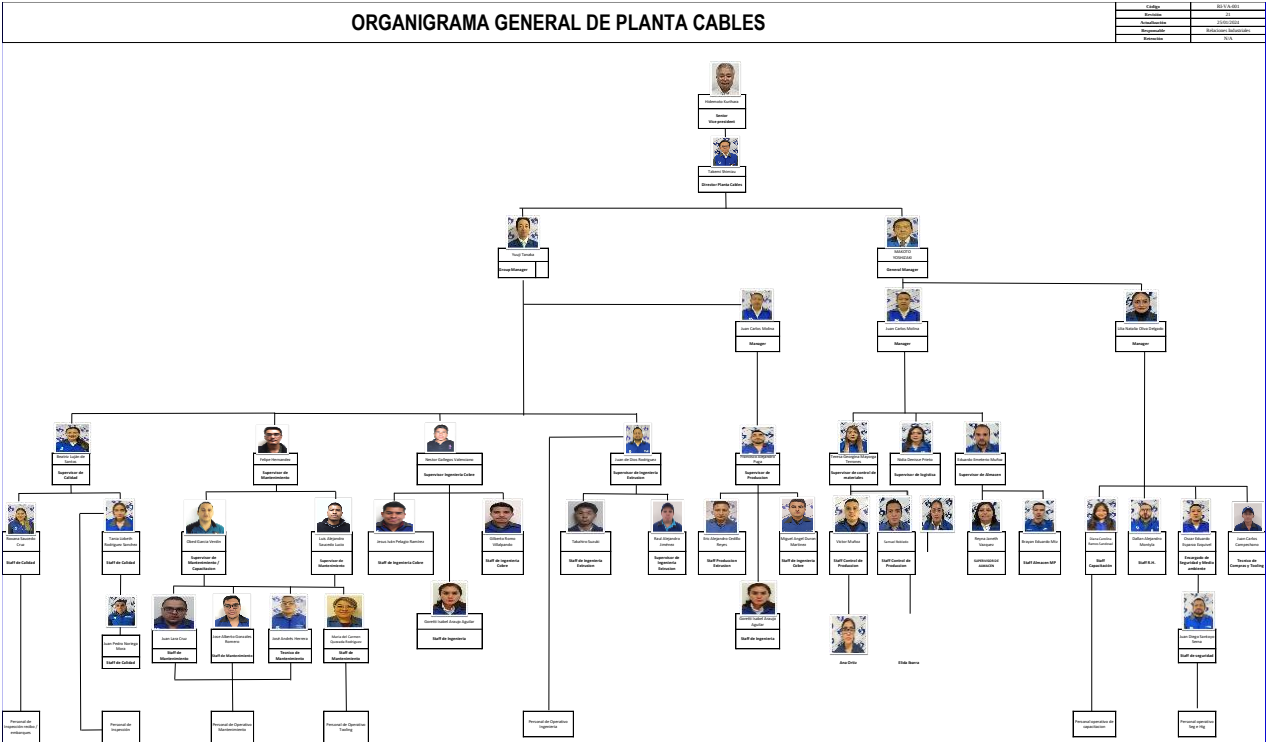


Ilustración 2. 2 Organigrama.

El trabajo en equipo es una pieza fundamental en cada área de la vida, ya que es por medio del mismo que se logra alcanzar objetivos debido a que cada individuo realiza aportaciones que en su conjunto crean un engranaje armónico de proyectos. Los departamentos o áreas, son como eslabones de una cadena, por tal razón cada uno de ellos es primordial para que la empresa se mantenga competitiva en el mercado.

El departamento de Mantenimiento es uno de esos eslabones, y es el departamento donde se estará trabajando el presente proyecto. La ilustración 2.3 presenta la organización interna del departamento de mantenimiento.

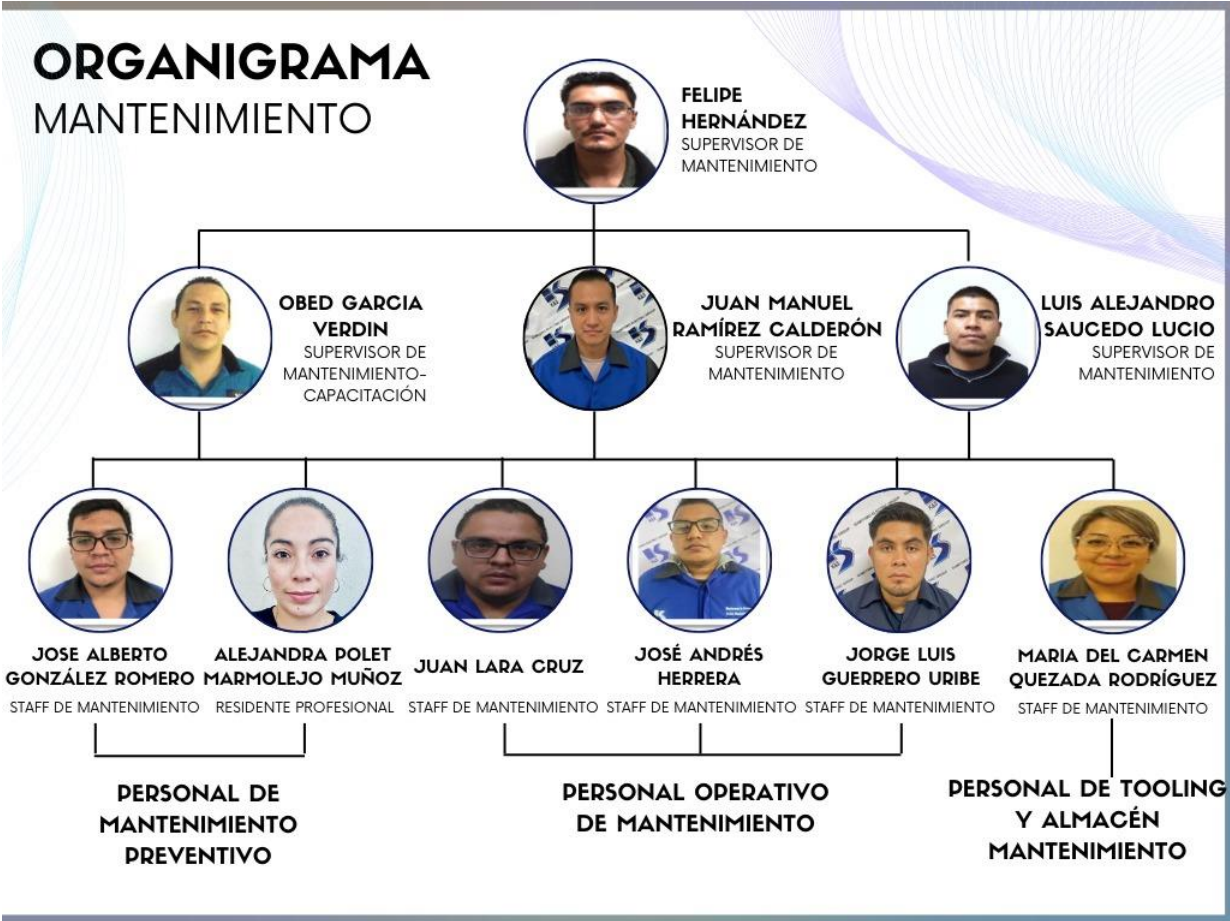


Ilustración 2. 3 Organigrama de mantenimiento.

8. PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZÁNDOSLOS.

El departamento de mantenimiento carece de una sistematización en la programación y realización de mantenimiento preventivo de las máquinas. Actualmente se interviene en las máquinas a modo que estas presentan alguna falla, es decir, que el mantenimiento que se realiza actualmente es el correctivo, teniendo como resultados paros de máquina totales por tiempos prolongados, incumpliendo con estándares de calidad, seguridad y producción. Con base al sistema ya estipulado en el manejo y control de mantenimientos preventivos con el cual ya cuenta el departamento de mantenimiento, se realizarán las modificaciones necesarias a los formatos que se utilizarán para las frecuencias de revisión. Las frecuencias de revisión para la maquinaria con las que cuenta el departamento de mantenimiento son semanales, quincenales, trimestrales, semestrales y anuales. Así mismo la maquinaria se compone por diferentes partes, en las cuales se realizan las revisiones específicas dentro de cada frecuencia de revisión, dichas revisiones generan tiempos de paro de hasta 6 o más horas afectando la productividad y generando gastos de materia prima y scrap de máquina; por tal motivo en el desarrollo de este proyecto, se planea la revisión oportuna de mantenimientos preventivos, logrando obtener un control de tiempos específicos para cada frecuencia de intervención al realizar algún mantenimiento preventivo. Una vez estipulado el mantenimiento preventivo para cada máquina, se realizará la programación correspondiente, priorizando las máquinas con mayores fallas y habilitando el software MP con el cual ya cuenta el departamento de mantenimiento.

9. JUSTIFICACIÓN.

Actualmente en división Cables se tiene un incremento en la maquinaria por expansión de la nave, y la producción de nuevos tipos de cables para el arnés, a continuación, en la ilustración 2.4 se observa la distribución de la planta antes de dicha expansión.

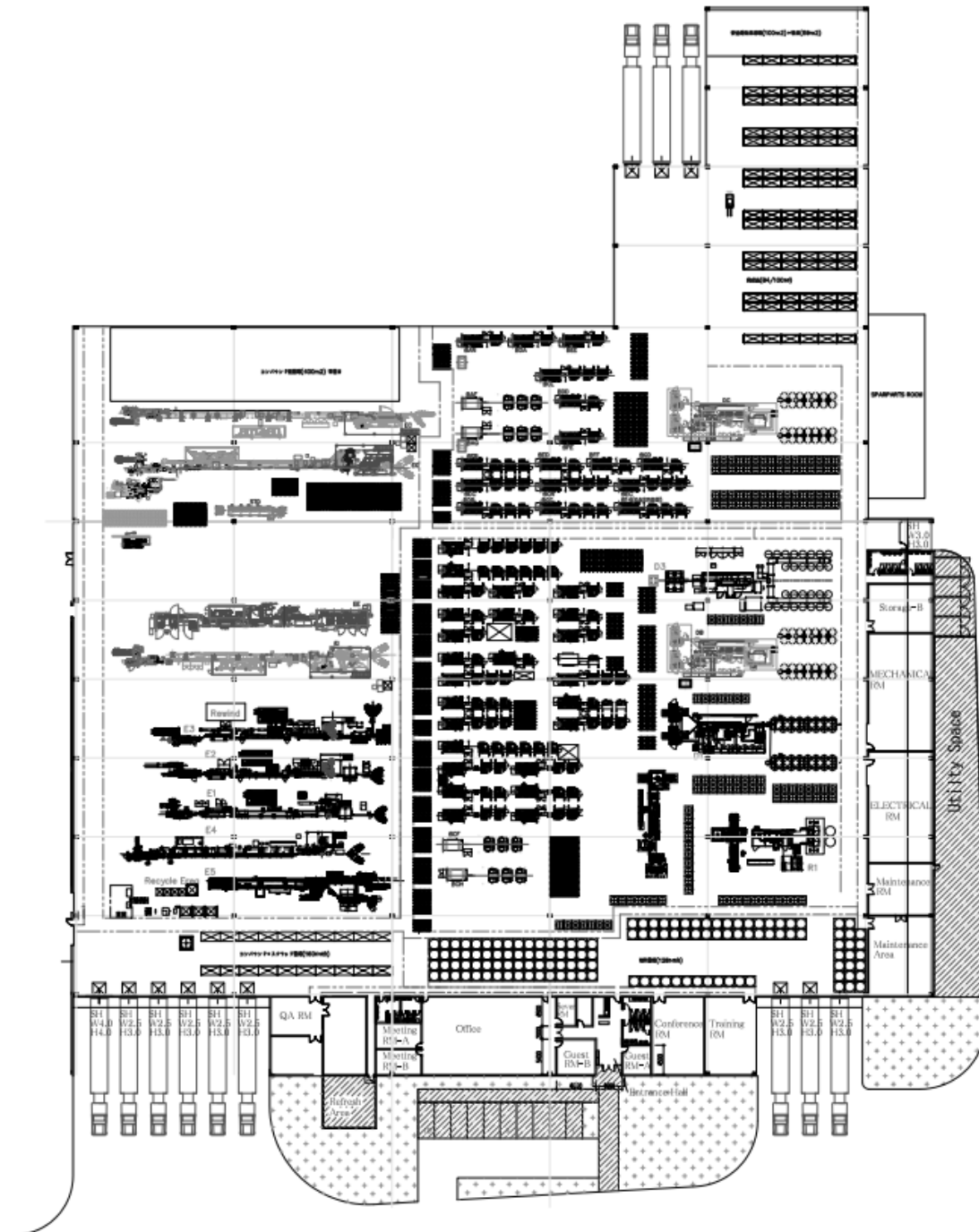


Ilustración 2. 4 Lay Out.

Así mismo en la ilustración 2.5 se muestra cómo se encuentra actualmente con la llegada de la nueva maquinaria a la nave.

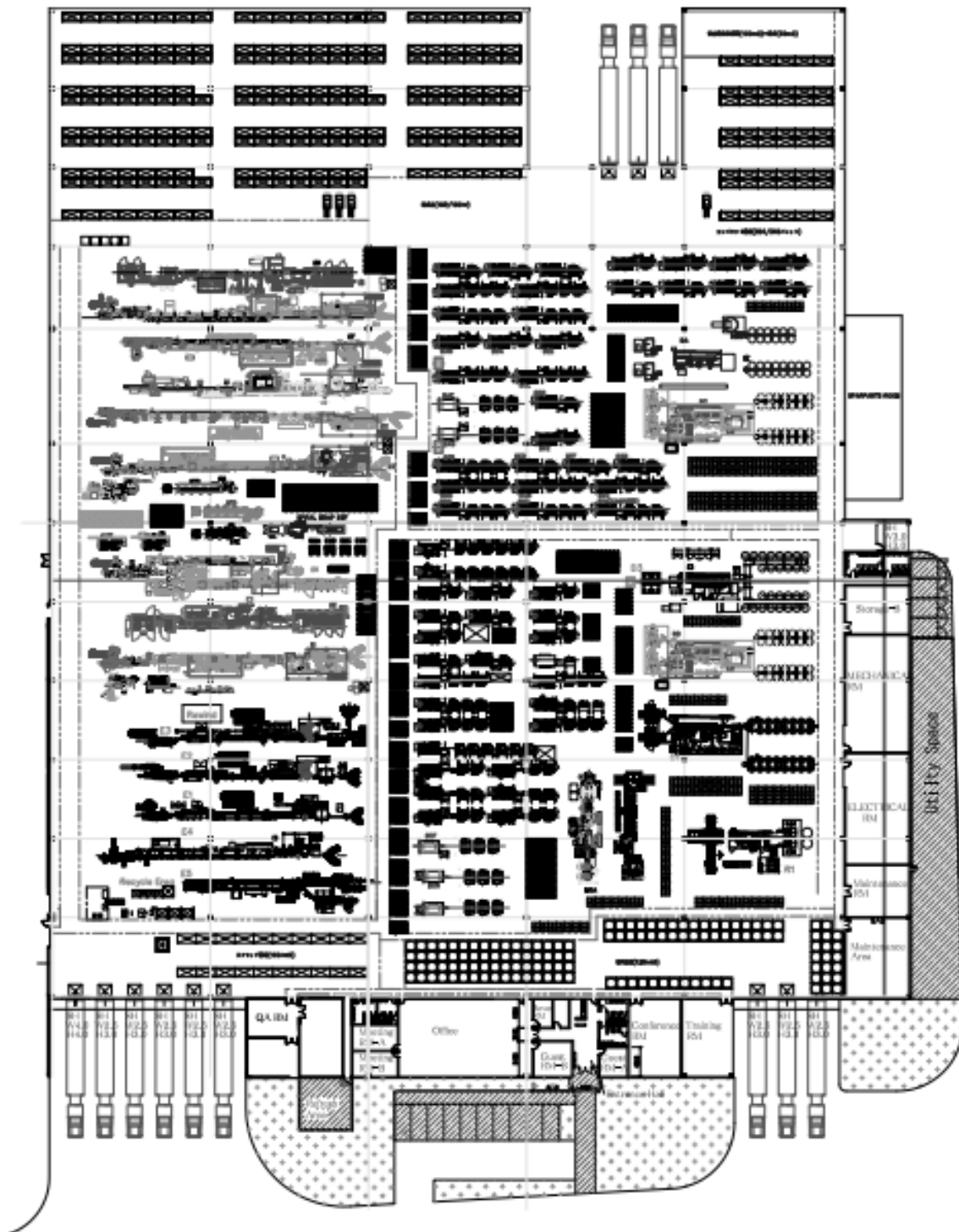


Ilustración 2. 5 Lay Out actual.

Dicha maquinaria ya se encuentra en funcionamiento, por tal motivo requieren que se sistematicen sus mantenimientos preventivos, ya que desde que llegaron a la planta no se les ha realizado ningún tipo de preventivo, lo que ha ocasionado paros de maquina frecuentes, por intervenciones correctivas, con tiempos prolongados y desabasto de refacciones.

Estos tipos de paros de maquina no programados, contraen desabasto e incumplimiento de la producción, por lo que es de suma importancia disminuir los paros de maquina ocasionados por mantenimientos correctivos. Así como incumplimiento en los requisitos de auditoría interna.

La norma ISO (International Organization for Standardization) dice "proporcionar al equipo el mantenimiento adecuado para garantizar la capacidad continua del proceso". (Aguaiza Loja, 2016, pág. 52)

Por esta situación nace el presente proyecto, donde se pretende sistematizar y habilitar el mantenimiento preventivo de cada máquina, teniendo una revisión oportuna, logrando obtener un control específico con cada frecuencia de intervención, teniendo como resultado una disminución en el tiempo de paros de maquina por mantenimiento y eliminando los paros no programados. De igual manera se pretende obtener una revisión eficiente de cada componente de las máquinas, así como la reducción en la frecuencia de intervención y minimizar el tiempo de revisión, obteniendo la reducción de costo por persona al requerir menor participación para la realización de mantenimientos preventivos, así como también maximizar el aprovechamiento de los componentes, prolongando la utilidad de vida de cada parte de la maquinaria.

" El progreso empresarial no se reduce sólo a la inversión en nuevas instalaciones de producción y a la transferencia de tecnología extranjera, sino que es indispensable utilizar efectivamente las instalaciones existentes, donde uno de los requisitos primordiales es establecer un servicio sistémico y técnico de mantenimiento eficiente, eficaz, seguro y económico de los activos industriales" (García Palencia, 1998, pág. 1)

10. OBJETIVOS (GENERAL Y ESPECÍFICOS).

Objetivo general.

Sistematizar los mantenimientos preventivos de las máquinas de producción dentro de la planta, habilitando y programando los mantenimientos preventivos de manera oportuna utilizando el software MP, en la empresa Sistemas de Arneses K&S Mexicana S.A. De C.V., durante el semestre Enero-junio 2024.

Objetivos específicos.

- Desarrollar un inventario de las máquinas de la planta por medio de herramientas de control de inventarios.
- Realizar el formato auditable a los documentos de mantenimientos preventivos controlados con base a la norma ISO 9001:2015.
- Realizar una tabla de tiempos de mantenimientos preventivos programados por medio de control de operaciones.
- Minimizar el tiempo de intervención por parte de mantenimiento.
- Maximizar la eficacia de trabajo de las máquinas.
- Incrementar la vida útil de las refacciones de las máquinas.
- Minimizar el tiempo de paro por fallas de máquina.
- Disminuir la frecuencia de paros por mantenimiento.
- Mantener en óptimas condiciones el funcionamiento de las máquinas que pueden afectar directamente en la calidad del producto.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

En el capítulo 3 se está abordando los principios fundamentales que se deben conocer hablando de mantenimientos preventivos. Se desarrolló la investigación al inicio generalizando y continuando con esquemas más específicos del proyecto.

Mantenimiento.

Es primordial comprender la manera en que mantenimiento se define, “actividad que se aplica sobre un conjunto de bienes que brindan un servicio, con el fin de preservarlos en óptimas condiciones y continuar con el servicio para el cual fueron destinados. Actividades como la limpieza hasta métodos de predicción analítica son parte del mantenimiento”. (Leal, 2021, pág. 1)

O bien desde otras palabras, se puede decir que “las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas y móviles, equipos y maquinarias, sobre cualquier otro tipo de bien productivo, debido a la multitud, variedad de procesos y a la estrategias se aplican diversos tipos de mantenimiento sobre los activos ya sea en forma específica o una mezcla de ellos en la proporción que requiera cada uno, los cuales persiguen un fin último que es evitar paradas no programadas, maximizar la tasa de producción y lograr el tope de satisfacción del cliente final”. (Pinzón, 2023, pág. 2)

Existen diferentes tipos de mantenimientos, los cuales se presentan a continuación:

Mantenimiento Correctivo (MC).

“Es el conjunto de actividades desarrolladas en máquinas, instalaciones o edificios, cuando a consecuencia de una falla, han dejado de prestar la calidad del servicio para la cual fueron diseñados. Por tanto, las labores que deben llevarse a cabo tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad del servicio”. (García Palencia, 1998, pág. 14) Es decir, que se interviene cuando las máquinas dejan de funcionar, se presenta una falla y se interviene para restablecer, estas actividades no están planeadas y por lo tanto no se contempla el equipo, personal o refacciones que se puedan requerir.

Existen infinidad de razones por las cuales el incremento de mantenimiento correctivo es excesivamente alto, a continuación, se enlistan las razones más primordiales:

- “Mantener la maquinaria 100% del tiempo programada para producción.
- Permitir tiempos muy limitados para los trabajos de mantenimiento.
- Falta de inventario conveniente y económico de refacciones.
- Mala calidad de los trabajos por la premura de la realización.
- Mala preparación y programación de los trabajos originados por fallas imprevistas.
- Mala estimación de la carga de trabajo que se puede llegar a presentar.
- Falta de diagnóstico acertado de las causas de las fallas anteriores”. (García Palencia, 1998, pág. 15)

Mantenimiento Preventivo (MP).

El preventivo es intervenir en las maquinas con un plan determinado, son “actividades planeadas en intervalos regulares (en base a tiempos, inspecciones periódicas y revisiones) para eliminar causas de fallas del equipo e interrupciones de producción no programadas, como un resultado del diseño del proceso de manufactura”. (Franco Baltazar, Becerra Rodríguez, Hernández Hernández, López Navarro, & Zea Pérez, 2021, pág. 216)

“El conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos.

Se compone por dos actividades básicas:

- Inspección periódica de los equipos de planta, para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción.
- Conservar la planta para anular dichos aspectos, adaptarlos o repararlos cuando se encuentren aún en etapa incipiente”. (García Palencia, 1998, pág. 16)

“A menudo se considera el Mantenimiento Preventivo como sinónimo de mantenimiento periódico, planeado o dirigido; el Mantenimiento Preventivo debe tener una parte importante de todas estas funciones, pero no el único elemento. En cada empresa de acuerdo a la naturaleza de sus actividades y su sistema productivo, es factible establecer un programa de Mantenimiento Preventivo, que sea de fácil ejecución e implementación; normalmente toda empresa cuenta con los equipos, parte del personal, talleres e

instalaciones para llevar a cabo este tipo de mantenimiento”. (García Palencia, 1998, pág. 16)

Es importante conocer algunos de los objetivos más importantes del mantenimiento preventivo:

- “Disponibilidad: puede definirse como la probabilidad de que una máquina sea capaz de trabajar cada vez que se le requiera.
- Confiabilidad: es la probabilidad de que la máquina esté operando en todo el momento que necesite el usuario.
- Incrementar: al máximo la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas o equipos llevando a cabo un mantenimiento planeado”. (Pérez Rondón, 2021, pág. 39)

De igual manera es necesario identificar cada una de las categorías del mantenimiento preventivo (MP):

- “Cubrimiento del MP: revisar el porcentaje del equipo o máquina críticos, para las cuales se han desarrollado programas de MP.
 - Ejecución del MP: el porcentaje de rutinas del MP que han sido terminadas según programa.
1. Trabajos generados por las repeticiones del MP: el número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tiene como origen rutinas del MP”. (Pérez Rondón, 2021, pág. 39)

Para implementar y aplicar un plan mantenimiento preventivo, son indispensables 4 fases:

1. “La planificación: (se especifica las actividades por desarrollar, con qué personal se va a trabajar, equipos y herramientas por utilizar, tiempo aproximado de trabajo).
2. La programación: (se define el día, la hora, lugar dónde se van a desarrollar, las actividades previamente planificadas).
3. La ejecución: (realización de los trabajos, previamente definidos).
4. El control: (verificación y validación de los trabajos ejecutados)”. (Pérez Rondón, 2021, pág. 40)

Mantenimiento predictivo.

El mantenimiento predictivo viene a complementar los dos tipos de mantenimientos ya mencionados anteriormente, diagnosticando el análisis de las fallas que se presentan por medio del uso de equipos especiales.

“Se define como el conjunto de actividades, programadas para detectar las fallas de los equipos por revelación antes que sucedan, con los equipos en operación y sin perjuicio de la producción, usando aparatos de diagnóstico y pruebas no destructivas”. (García Palencia, 1998, pág. 24)

Un programa Predictivo de manera general, se puede decir que “consiste en llevar un control periódico de los niveles de vibración para cada equipo, teniendo como parámetros de medición, las características de vibración, la variación de temperaturas y el aumento del consumo de energía. Los elementos característicos de una señal de vibración son: Su frecuencia, su ángulo de fase y su amplitud, esta última puede ser medida como un desplazamiento, velocidad o aceleración”. (García Palencia, 1998, pág. 24)

Es de suma importancia contemplar que “cada máquina tiene parámetros de funcionamiento en condiciones óptimas y límites permitidos de vibración, cuando estos patrones varían indican los cambios en las condiciones de funcionamiento, que al ser analizados determinan las medidas correctivas que deben tomar, programando la reparación del equipo con el conocimiento real de sus necesidades”. (García Palencia, 1998, pág. 24)

Mantenimiento Productivo Total (TPM).

TPM es el mantenimiento productivo total, el cual se define como el “Sistema de mantenimiento y mejoramiento de la integridad de los sistemas de producción y calidad a través de las máquinas, equipos, procesos y empleados que agreguen valor a la organización”. (Franco Baltazar, Becerra Rodríguez, Hernández Hernández, López Navarro, & Zea Pérez, 2021, pág. 216)

Es importante mencionar que “es un nuevo enfoque gerencial de administración de mantenimiento industrial, que permite crear estrategias para un mejoramiento continuo de las capacidades y procesos actuales para tener equipos de producción siempre listos”. (García Palencia, 1998, pág. 42)

“La filosofía del mantenimiento productivo total hace parte del enfoque Gerencial Japonés hacia la de Calidad Total. Mientras la Calidad Total pasa de hacer énfasis en la inspección y selección a hacer énfasis en la prevención, el mantenimiento productivo total pasa del énfasis en la simple reparación al énfasis en la prevención y predicción de las averías y del mantenimiento de las máquinas”. (García Palencia, 1998, pág. 42) Es decir, que el mantenimiento productivo total, efficientiza las actividades de mantenimiento tanto presentes como futuras, ya que predice las causas antes de que sucedan.

Es primordial conocer los elementos básicos del TPM:

- “TPM-AM Mantenimiento Autónomo
- TPM-PM Mantenimiento preventivo - predictivo
- TPM-EM Administración del Equipo
- TPM-TEI Total Participación de los Empleados”. (García Palencia, 1998, pág. 42)

Así como también se deben comprender los principios fundamentales del TPM:

- “Cero Defectos: Trata de eliminar las seis grandes causas de pérdida que son: Averías, preparación y ajuste, paradas menores y tiempos vacíos, velocidad reducida, defectos de calidad, reducción en rendimiento. Por medio de equipos de diagnóstico adecuados, órganos de control y automatización. Con énfasis en el logro del Control Total de la Calidad.
- Inventarios Cero: Basado en la producción “Justo a tiempo”, y el aseguramiento de las compras-ventas, eliminando sistemas de bodegaje”. (García Palencia, 1998, pág. 43)
- “Rentabilidad Total: Requiere desarrollo de mantenimiento preventivo, predictivo, productivo y prevención de mantenimiento acompañado de actividades de pequeños grupos.
- Productividad: Debe ser idealmente máxima y está dada por la relación de SALIDAS, reflejadas en producción, calidad, bajo costo, entregas, seguridad y entorno, moral, costo de vida útil económica, con respecto a las ENTRADAS, representadas por los trabajadores, ingeniería y mantenimiento planta y control de inventarios”. (García Palencia, 1998, pág. 44)

- “Participación Total: Participación de todos los empleados en forma consciente. Combina la fijación de metas “arriba - abajo” por parte de la alta dirección con actividades de mejora y mantenimiento por pequeños grupos. Los jefes de los grupos individuales son miembros de un pequeño grupo del siguiente nivel de la organización de tal manera que se garantice la comunicación vertical y horizontal.
- Mejora de la Eficacia: Pretende que los equipos estén libres de mantenimiento y que el costo de vida útil de estos sea económico”. (García Palencia, 1998, pág. 44)
- Logística y Terotecnología: La terotecnología es la ciencia que se encarga de las materias primas, sistemas, programas, información y los equipos. La logística quien se encarga del diseño, ingeniería y mantenimiento de equipos. Es así como el TPM hace parte de la Tero tecnología, y ésta a su vez de la logística y entre más estén interrelacionalizados existirán más equipos libres de fallas.
- Mejoramiento de los Lugares de Trabajo: Aplicación del Sistema de las 5S. (García Palencia, 1998, pág. 44)

Mantenimiento Autónomo.

“La filosofía del mantenimiento autónomo se basa en: “La persona que utiliza un equipo productivo es la más calificada para ocuparse de su buen funcionamiento, inspección y medidas preventivas a su alcance en función del entrenamiento que haya recibido” (TPM en un entorno Lean Management)”. (Leitón Moya, 2015, pág. 53)

El mantenimiento autónomo lo que busca es que el operador de la maquina se involucre en actividades de inspección que complementen el correcto funcionamiento de la máquina, de esta manera el operador se involucraría más allá de sus labores de producción, con una capacitación y entrenamiento previo a su intervención.

“Con la adopción del mantenimiento autónomo el operario adiciona a sus actividades comunes de producción actividades de mantenimiento productivo, que incluyen la limpieza, así como otras que pertenecen más al mantenimiento preventivo pero que son de fácil aplicación y también advierten de si es necesario un mantenimiento preventivo. La combinación de trabajo de producción y mantenimiento en el puesto de trabajo colabora con la reducción de tiempos de vacío y da lugar a la rápida actuación que a su vez genera eficiencia en el proceso”. (Leitón Moya, 2015, pág. 53)

ISO 9001.

ISO 9001 (International Organization for Standardization) “especifica requisitos orientados principalmente a dar confianza en los productos y servicios proporcionados por una organización y por lo tanto a aumentar la satisfacción del cliente. También se puede esperar que su adecuada implementación aporte otros beneficios a la organización tales como la mejora de la comunicación interna, mejor comprensión y control de los procesos de la organización”. (Ortiz Iles, 2020, pág. 26)

IATF 16949-2016 en departamentos de producción y mantenimiento.

La norma IATF 16949, aporta un marco creado por los propios fabricantes de automóviles y motocicletas para gestionar los procesos de las empresas de modo que puedan cumplir e incluso superar tales exigencias. La norma IATF 16949, establece los requisitos particulares (SUPLEMENTOS) para la aplicación de Norma ISO 9001 para la producción en serie y piezas de recambio original en la industria del automóvil. (Franco Baltazar, Becerra Rodríguez, Hernández Hernández, López Navarro, & Zea Pérez, 2021, pág. 211)

La empresa u organización debe desarrollar, implementar y mantener un sistema documentado de mantenimiento productivo total, el cual incluya como mínimo:

- “Identificación de equipo de proceso necesario para producir producto conforme y en el volumen requerido.
- Disponibilidad de partes para reemplazo para equipo identificado en el punto anterior.
- Disposición de recursos para mantenimiento de máquinas, equipos, e instalaciones”. (Franco Baltazar, Becerra Rodríguez, Hernández Hernández, López Navarro, & Zea Pérez, 2021, pág. 223)
- “Objetivos de mantenimiento documentados, por ejemplo: Efectividad Global de los Equipos (OEE), Fallas Entre Tiempos Promedio (MTBF) y Tiempos Promedio Para Reparaciones (MTTR) y métricos de cumplimiento de Mantenimiento Preventivo.
- Revisiones regulares de planes y objetivos de mantenimiento y un plan de acciones documentado para abordar acciones correctivas cuando los objetivos no se logren.
- Uso de métodos de mantenimiento preventivo.
- Uso de mantenimiento predictivo conforme aplique”.

(Franco Baltazar, Becerra Rodríguez, Hernández Hernández, López Navarro, & Zea Pérez, 2021, pág. 223)

Ciclo de Deming.

“El ciclo Plan, Do, Check, and Act (PDCA), provee un medio para la implementación sistemática de un sistema de garantía de calidad, a partir de un sistema de planificación inicial. Es la planificación inicial la que sienta las bases para las acciones posteriores, siempre orientadas a verificar la adecuación, idoneidad y promover la mejora continua”. (Raouf, 2013, pág. 1)

“Este ciclo es un instrumento que se enfoca en la solución de problemas y el mejoramiento continuo, por medio de un diagnóstico inicial, se identifican las fallas para mejorar comparando los planes con los resultados, luego se analiza el resultado no deseado se replantea un nuevo diseño de medidas que anulen el problema y no vuelva a repetirse y conseguir un resultado aceptable. Lo cual permite crecer sistemáticamente basándose en la mejora continua y la innovación”. (Castillo Pineda, 2019, pág. 6)

“Planear: Se concretan los planes y la visión de la meta que tiene la empresa en donde quiere estar en un tiempo determinado. Una vez establecido el objetivo, se realiza un diagnóstico para saber la situación actual y las áreas en que es necesario mejorar definiendo su problemática y el impacto que puedan tener en su vida. Después se desarrolla una teoría de posible solución para mejorar un punto. Se establece un plan de trabajo en el que se probará la teoría de solución”. (Castillo Pineda, 2019, pág. 6)

“Hacer: Se desarrolla el plan de trabajo establecido en la fase “Planear” junto con algún control para vigilar que se esté llevando a cabo según lo señalado. Entre los métodos de control se destaca la gráfica de Gantt, en la que se pueden medir las tareas y el tiempo empleado.

Verificar: Se comparan los resultados planeados con los obtenidos realmente, de acuerdo con los indicadores de medición establecidos con anterioridad, ya que lo que no se puede medir no se puede mejorar en forma sistemática”. (Castillo Pineda, 2019, pág. 6)

“Actuar: Con esta etapa se concluye el ciclo de la calidad porque si al verificar los resultados se logró lo que se tenía planeado, entonces se sistematizan y documentan los cambios que hubo; pero si al hacer una verificación se evidencia que no se ha logrado lo deseado, entonces hay que actuar rápidamente, corregir lo planteado y establecer un nuevo plan de trabajo, repitiendo el ciclo nuevamente”. (Castillo Pineda, 2019, pág. 7)

KAIZEN.

Proviene de dos ideogramas japoneses: “Kai” que significa cambio y “Zen” que quiere decir para mejorar. Así, podemos decir que “Kaizen” es “cambio para mejorar” o “mejoramiento continuo”. Los dos pilares que sustentan Kaizen son los equipos de trabajo y la Ingeniería Industrial, que se emplean para mejorar los procesos productivos. (Yeison Andres Atehortua Tapias, 2010, pág. 59)

Si bien se podría decir que el Kaizen son propuestas de mejoras analizadas por más de una persona desde sus distintos horizontes de conocimientos, las cuales se estandarizan.

“Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad, y de los métodos de trabajo por operación. Además, Kaizen también se enfoca a la eliminación de desperdicio, identificado como “muda””. (Yeison Andres Atehortua Tapias, 2010, pág. 59) El Kaizen puede ser una idea pequeña con resultados grandes.

Check list.

Son hojas de verificación creadas con la finalidad de realizar actividades repetitivas, así mismo de controlar el cumplimiento de una lista de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de forma sistemática. Se pueden utilizar en todo lugar, como esa lista que haces para ir al mercado y comprobar que nada se te olvide, de esa manera funcionan, para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades o productos asegurándose de que no se olvida de nada importante. (Check lisListas de chequeo: ¿Qué es un checklist y cómo usarlo?)

HOE (Hojas de operación estándar).

“Las hojas de operación estándar es un formato para la estandarización de operaciones en donde se detalla la operación, se determina el orden de los pasos principales y por último se registra el tiempo de ejecución y los recursos a utilizar en cada operación”. (ECORFAN, 2018, pág. 6)

“Es el método de trabajo por el cual se elimina la variación, desperdicio y el desequilibrio, realizando las operaciones con mayor facilidad, rapidez y menor costo, teniendo siempre como prioridad la seguridad, asegurando la plena satisfacción del cliente; hace siempre lo mismo y de la misma manera. La operación estándar debe de incluir todos los requisitos importantes dentro de la organización e incluirlos para que estos se realicen de forma sistemática”. (ECORFAN, 2018, pág. 6)

Inventarios.

“Es la verificación y control de los materiales o bienes patrimoniales de la empresa, que realizamos para regularizar la cuenta de existencias contables con las que contamos en nuestros registros, para calcular si hemos tenido pérdidas o beneficios”. (Meana Coalla, 2017, pág. 4) En otras palabras, es realizar un conteo de las maquinarias, activos fijos, refacciones, entre muchos más, y analizar y dar seguimiento de las diferencias y resultados, en caso de que existieran.

Una vez realizado el inventario se registran y controlan, ya que “su objetivo es confirmar o verificar el tipo de existencias de que disponemos en la empresa, mediante un recuento físico de los materiales existentes. Es necesario realizar inventarios para confrontar los datos anotados en nuestra base de datos con las existencias reales disponibles en el almacén”. (Meana Coalla, 2017, pág. 3)

“La importancia de hacer un inventario en condiciones reside en que nos va a proporcionar una serie de factores de valoración pormenorizada de las mercancías de las que disponemos al día”. (Meana Coalla, 2017, pág. 3) Es decir, que se obtiene un dato real de lo existente en físico y a disposición de quien lo necesite.

11. CASOS PRÁCTICOS.

1. Sistematización del mantenimiento preventivo de la empresa Balanceados Exibal; sucursal Chambo, aplicando la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

El proyecto ostenta como su principal problema el incumpliendo en las proyecciones de producción, es decir, que la producción planeada no se ha podido alcanzar por paros imprevistos de la maquinaria de la planta. Los autores realizaron un inventario físico de los activos dentro de mantenimiento, elaborando un lay out con la información recabada. Posteriormente codificaron cada activo dentro del lay out, siguiendo el orden del mismo, así mismo realizaron fichas técnicas recopilando datos técnicos de los activos ya codificados. Además realizaron un análisis de criticidad, por medio de entrevistas a los encargados del departamento de mantenimiento, al concluir el análisis de criticidad realizaron un AMEF (análisis de efectos y modo de fallo) tomando en cuenta la información recaba de la experiencia de los encargados y luego procedieron al desarrollo del plan de mantenimiento implementando la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y utilizando un software SisMAC (Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora) para sistematizar el plan de mantenimiento preventivo, siendo que es un sistema informático que permite la planificación, programación y evaluación de la gestión del mantenimiento de los activos físicos de la empresa y por último se capacito al personal, dando de su conocimiento lo que se realizó. Los autores lograron obtener con su proyecto resultados de un inventario técnico jerárquico apoyado de la Norma Internacional ISO 14224 e identificaron y analizaron la criticidad de los sistemas obteniendo porcentajes de máquinas críticas, de máquinas con criticidad media y máquinas con nivel de criticidad baja, así mismo obtuvieron como resultado las tareas programas por equipo arrojadas por el cronograma del software y finalmente tienen personal previamente capacitado. (Guaylla Quishpi & Yuquilema Heredia, 2021)

2. Sistematización del mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa Equipments & Services 3r cía. Ltda. ciudad francisco de orellana, utilizando la metodología de mantenimiento centrado en la fiabilidad.

El proyecto expone que la problemática es que las tareas de mantenimiento preventivo no satisfacen las necesidades del mantenimiento y conservación de la flota, puesto que son limitadas y básicas, demostrándose que es imprescindible la formulación de tareas óptimas de mantenimiento. Los autores evaluaron el estado el estado actual de la gestión del mantenimiento en la empresa, realizando un inventario jerárquico de la flota de vehículos con su respectiva codificación utilizando fichas técnicas. Analizaron la criticidad de la flota vehicular, diseñaron el plan de mantenimiento preventivo aplicando la metodología del RCM (Reliability Centred Maintenance), diseñaron hojas de decisión para tomar respuestas oportunas, establecieron la frecuencia de intervención para revisión del mantenimiento, sistematizaron el plan de mantenimiento utilizando el software SisMAC (Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora) y capacitaron al personal técnico para el correcto manejo del GMAO. Los autores obtuvieron con la implementación de su proyecto, un inventario técnico y codificado de manera jerárquica, también identificaron y analizaron la criticidad de los sistemas obteniendo porcentajes de máquinas críticas, de máquinas medias críticas y máquinas no críticas, así mismo obtuvieron como resultado las tareas programas por equipo de trabajo, arrojadas por el software y finalmente ejecutaron con personal previamente capacitado (Changuán González & Caisa Pandi, 2021)

3. Diseño, ejecución y sistematización de un programa de mantenimiento preventivo para una empresa de artes gráficas.

Los autores presentan en su tesis como realizar un programa de mantenimiento preventivo para una empresa de artes gráficas. Diseñaron tarjetas maestras donde recopilaban toda la información de cada equipo, como nombre, marca, proveedor, componentes de los equipos, etc. También diseñaron una nota LEM, la cual era de manera plural, puesto que aplicaba para varios equipos, por la igualdad de la información, en ella plasmaron las partes que conformaban el equipo, que tipo de

inspección requería cada una de las partes, desgaste, lubricación, reemplazo o alguna otra actividad por realizar. También se podía encontrar el herramental que se necesitaba para hacer dichas actividades, así como la indicación de cómo realizarlas, en pocas palabras pocas palabras realizaron HOE. Posteriormente programaron las frecuencias a realizar en los diferentes días de la semana, separando componentes de lubricación, motores, etc. Y por último sistematizaron por medio de un programa llamado SIMME, logrando controlar las áreas del mantenimiento y permitiendo tener una planeación con mayor exactitud. (Cubillos Cubillos & Garcia Perez, 1993)

4. Sistematización de la planeación del mantenimiento de una flota de vehículos de pasajeros.

El problema que se presenta por el autor es la falta de mantenimiento correcto a los vehículos de pasajeros ya que se realizan trabajos meramente correctivos a las fallas de los vehículos con personal escaso de conocimiento (talleres mecánicos). En base a lo anterior el autor usa como apoyo a una flota de automóviles ya existentes para realizar una propuesta de taller. Para empezar a sistematizar, el autor identifica y documenta las secciones por las que se conforma un taller y asigna cantidad de puestos de trabajo dependiendo la sección, recopila y describe los servicios que se ofrecerán, así como el equipo y herramental que necesitara en cada una de las secciones, así mismo las medidas de seguridad que debe cumplir y seguir en el taller para su funcionamiento, enfatizando en el orden y la limpieza. Documenta los servicios que ofrecerá el taller, así como la descripción detallada de las actividades que conforma cada uno de los servicios y analiza y realiza el perfil del taller y de las personas que se emplearían, así como el presupuesto de los materiales que ocupara. Obteniendo esa base de datos, diseña un software en Excel, usando como base un diagrama de flujo, que permite llevar a cabo la administración del mantenimiento de la flota de automóviles. El software contiene los inventarios, tarjetas maestras, hojas de vida, kárdex, ordenes de trabajo, mantenimiento, indicadores, y formatos. Por último, presenta un tutorial de cómo usar el software. (Ríos Román, 2014)

5. Un enfoque basado en la fiabilidad para optimizar la programación del mantenimiento preventivo para sistemas coherentes.

En el documento se presenta que la problemática principal radica en encontrar un equilibrio óptimo entre la confiabilidad del sistema, los costos de mantenimiento y la disponibilidad de recursos, todo ello en un entorno donde las fallas aleatorias y el deterioro de los componentes afectan continuamente la confiabilidad del sistema. Los autores implementaron una metodología basada en el algoritmo de recocido simulado (SA, por sus siglas en inglés). El algoritmo de recocido simulado es una técnica de búsqueda local que resulta adecuada para resolver problemas complejos donde el óptimo global está oculto entre múltiples óptimos locales.

La metodología implementada se basa en dividir el horizonte de planificación en períodos de inspección predefinidos y tomar decisiones sobre las acciones a realizar en cada componente durante cada período.

Los resultados obtenidos mostraron una mejora significativa en los costos relacionados con el mantenimiento, garantizaron el cumplimiento de la confiabilidad del sistema y demostraron la capacidad de la metodología basada en el algoritmo de recocido simulado para encontrar soluciones de alta calidad en la programación de mantenimiento preventivo para sistemas coherentes con componentes. (Doostparast, Kolahan, & Doostparast, 2014)

6. Integración de la planificación del mantenimiento preventivo y la programación de la producción para una sola máquina.

El documento presenta como problema la integración de la planificación de mantenimiento preventivo con la programación de producción para una sola máquina, su objetivo es minimizar el tiempo total esperado de finalización ponderado de los trabajos, considerando la renovación de la máquina durante el mantenimiento preventivo y la minimización de los tiempos de inactividad.

Los autores implementaron un enfoque de enumeración total. Este método consiste en enumerar exhaustivamente todas las posibles combinaciones de decisiones de programación de trabajos y mantenimiento preventivo para identificar la solución óptima. Además, propusieron un enfoque heurístico que demostró ser efectivo en la optimización

de la función objetivo en la mayoría de los casos estudiados, con desviaciones mínimas de la solución óptima.

Lograron una mejora promedio del rendimiento de aproximadamente el 2%, con mejoras ocasionales de hasta el 20%. Esta integración de procesos de toma de decisiones resultó en ahorros significativos, lo que sugiere que la planificación integrada de mantenimiento preventivo y la programación de producción deberían centrarse en máquinas críticas (de cuello de botella). (Cassady & Kutanoglu, 2005)

7. Planificación del mantenimiento preventivo con tecnología de grupo: un estudio de caso en Arab Potash Company, Jordania.

La problemática de este artículo es desarrollar un modelo de mantenimiento preventivo (PM) que encuentre los problemas de los métodos tradicionales de realización de MP en entornos de alta variedad de componentes/máquinas.

La solución llega mediante una plataforma para llevar a cabo la planificación de las acciones de MP mediante el uso de clustering basado en el concepto de Group Technology para crear celdas virtuales de PM de equipos/máquinas. Para ilustrar el modelo se utilizó un estudio de caso real de Arab Potash Company.

Como resultado se obtiene las PM para entornos de alto componente/máquina. Se utilizó el concepto de agrupamiento y coeficiente de similitud. (Almomani, Abdelhadi, & Sei, 2012)

8. Un modelo integrado para la planificación de la producción y el mantenimiento preventivo en sistemas multiestatales.

Los autores presentan como objetivo determinar una estrategia integrada de tamaño de lote y mantenimiento preventivo del sistema que minimice la suma de los costos de mantenimiento preventivo y correctivo, los costos de configuración, los costos de retención, los costos de pedidos pendientes y los costos de producción, al tiempo que satisfaga la demanda de todos los productos en todo el horizonte.

Modelaron el sistema de producción como un sistema multiestado con componentes independientes de estados binarios y se propone un método para evaluar los tiempos y los costos de mantenimiento preventivo y reparación mínima, y la capacidad promedio

del sistema de producción en cada período. Para problemas de gran tamaño, se desarrolló un algoritmo genético para la selección del mantenimiento preventivo en el modelo de planificación integrada.

Lograron resolver el problema formulado comparando los resultados de varios problemas de dimensionamiento de lotes capacitados multiproducto. (Nourelfath, Chahir Fitouhi, & Machani, 2010)

9. Diseño e implementación de un sistema de planificación y control de mantenimiento. Este artículo presenta el diseño e implementación de un sistema de planificación y control de mantenimiento preventivo (MP) en una gran fundición. Uno de los pasos tomados por la alta dirección para ampliar el alcance y mejorar la eficacia de las operaciones de MP dentro de la planta de fabricación es el sistema que se construyó e implementó. Lo primero que hace este artículo es enumerar las desventajas del antiguo sistema. A continuación, se introduce una estrategia metódica para implementar un sistema de planificación y control de mantenimiento confiable y eficiente. El artículo discute el software a medida que forma el núcleo del nuevo sistema. Este comprende módulos para la administración de datos, programación de trabajos de proyectos y evaluación del rendimiento. Además, se presenta y se analiza una función de prioridad que fue creada para elegir qué tareas de MP programar. (Ulusoy, 1992)

10. Programación dinámica de un programa de mantenimiento preventivo.

Este artículo discute un sistema de MP computarizado que ayuda a una empresa u organización con un gran inventario de equipos a establecer un programa de MP flexible y controlable. El sistema se basa en un proceso de programación dinámico y prioritario. En lugar de programar las inspecciones de MP según cuándo debían completarse, se programan según la última vez que se realizaron. Se desarrollaron funciones de prioridad porque hacerlo aumenta el riesgo de tener más trabajo del que se puede completar. Cada próxima inspección recibe una prioridad por medio de estas funciones, y la tarea con la prioridad más alta se programa primero. (Enscore Jr, 1983)

MAQUINARIA EN EL PROCESO DEL CABLE.

1. Rod mill.

Rod Mill es una máquina que da inicio al proceso del cable, consiste en trefilar rollos de alambrón. Es decir, que disminuye el diámetro del cobre (alambrón) mediante el estiramiento del mismo, así mismo el alambrón es ruteado por varios dados, seleccionados previamente para darle un diámetro ya estandarizado, según las especificaciones requeridas.

El alambrón entra en la maquina con un diámetro inicial de 8 mm, después de pasar por el proceso de Rod mill, se obtienen dos tipos de calibres (diámetros) de cobre:

- Para el cable AVSS ò AVSSH: de 8 mm a 1.65 mm.
- Para el cable CHUSR ò DIVUS: de 8 mm a 2.60 mm.

El material obtenido se almacena en canastas para abastecer al siguiente proceso. En la ilustración 3.1 se puede observar dicha canasta dentro de la máquina.



Ilustración 3. 1 Rod mill.

2. Medium Draw.

Medium Draw es básicamente el mismo proceso de Rod mill, mediante el cual se disminuye un poco más el diámetro del cobre por medio de tratamiento térmico, sin embargo, únicamente es para cables de diámetro menor como producto final.

En este proceso las canastas con cobre de diámetro de 2.60 mm, ingresan a Medium Draw, el alambre de cobre es ruteado por los dados e ingresa a una zona de annealer (tratamiento térmico), donde el alambre se elonga dando como resultado canastas con cobre de dos calibres diferentes:

- Para el cable CHUSR: de 2.60 mm a 1.28 mm.
- Para el cable DIVUS: de 2.60 mm a 1.0 mm.

En la ilustración 3.2 se puede observar una de las máquinas.



Ilustración 3. 2 Medium Draw 1.

3. Drawing.

Drawing es un proceso en el cual las canastas de cobre que se obtienen como resultado de Rod mill y de Medium Draw, se rutean por medio de poleas de material especiales como la cerámica, por ejemplo, y por medio de dados con punta fina de diamante que elongan el cobre, obteniendo finos hilos de cobre, almacenados en carretes para ser utilizados por el siguiente proceso, dichos carretes cuentan con cierta cantidad de hilos, pueden ser carretes de 6 o 7 hilos, de los cuales dichos hilos de cobre son de diferentes calibres de diámetro:

- Para el cable AVSS: de 1.63 mm a D0-24 mm, D0-26 mm, D0-29 mm y D0-32 mm.
- Para el cable AVSSH: de 1.63 mm a D0-16 mm, D0-19 mm, D0-21 mm y D0-23 mm.
- Para CHUSR: de 1.28 mm a D0-141 mm.
- Para DIVUS: de 1.0 mm a D0-27 mm, D0-304 mm, D0-310 mm, D0-320 mm y D0-339 mm.

En la ilustración 3.3 se puede observar una de las máquinas de Drawing.



Ilustración 3. 3 Drawing 1.

4. Bunching.

Bunching es un proceso en el cual los carretes con hilos de cobre que se obtienen como resultado de Drawing, se rutean por medio de poleas de material especial como la cerámica, y por medio de un arco con cerámicas se empiezan a trenzar los hilos de cobre, obteniendo un conjunto de hilos de cobre trenzados, almacenados en carretes para ser utilizados por el siguiente proceso, dicho cobre trenzado es de diferentes calibres de diámetro:

- Para el cable AVSS: de 0.24 mm a B19/24, de 0.26 mm a B07/26 y B37/26, 0.29 mm a B19/29 y 0.32 mm a B07/32.
- Para el cable AVSSH: de 0.16 mm a B19/16, 0.19 mm a B19/19, 0.21 mm a B37/21 y 0.23 mm a B19/23.
- Para CHUSR: de 0.141 mm a B09/0141HF
- Para DIVUS: 0.27 mm a B07/027 HF, de 0.304 mm a B16/304 HF, 0.310 mm a B11/310 HF, 0.320 mm a B07/032 HF y 0.339 mm a B16/339 HF.

En la ilustración 3.4 se presenta una de las máquinas de Bunching.



Ilustración 3. 4 Bunching 14.

5. Extrusión.

Extrusión es un proceso de inyección de PVC, en el cual los carretes de cobre trenzado que provienen de Bunching, pasan por poleas que rutean el cobre trenzado por diferentes secciones de la máquina, como lo es el cabezal donde se inyecta el PVC y COLOR CHIP, dando al cobre trenzado un recubrimiento, cumpliendo con un color y calibre según las especificaciones del cliente, dicho cobre trenzado pasa a ser el producto final, colis (donas) rebobinadas de CABLE:

- Cable AVSS: 030 de 7/26, 050 de 7/32, 085 de 19/24, 125 de 19/29 y 200 de 37/26
- Cable AVSSH: 030F de B19/016, 050F de B19/019, 075F de B19/023 y 125F a B37/021.
- Cable CHUSR: 013 de B09/0141HF.
- Cable DIVUS: 035 de B07/027HF, 050 de B07/032 HF, 075 de B11/310HF, 100 de B16/0304HF y 125 de B16/0339HF.

En la ilustración 3.5 se observa una de las máquinas que conforman este último proceso de producción.



Ilustración 3. 5 Extrusora 5.

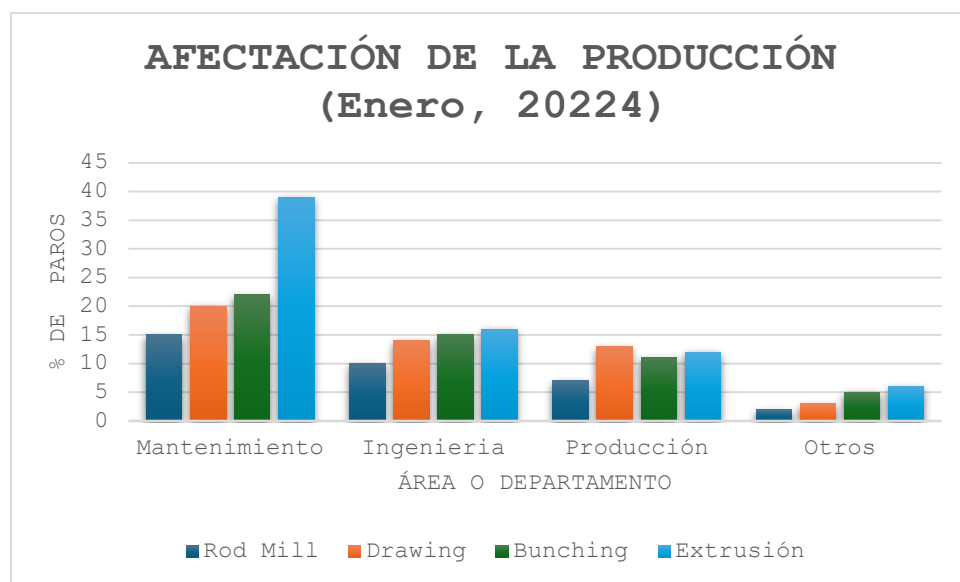
CAPÍTULO 4: DESARROLLO

12. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

En el capítulo presente, se determina la metodología que fue llevada a cabo, esclareciendo y desarrollando las actividades que se presentan a continuación.

Tal como se puede observar en el grafico 4.1, el departamento de mantenimiento presenta gran afectación en la producción de la empresa, puesto que es uno de los departamentos que presenta de manera consecutiva paros de máquina mayores en cada uno de los procesos de la planta.

Gráfico 4. 1 Porcentaje de paro de maquina por área (Elaboración propia).



Esta afectación se debe a que mantenimiento interviene en fallas de máquina, las cuales se prolongan hasta 6 horas de paro de la máquina, afectando directamente en la producción.

Al llevar a cabo el presente proyecto, la eficiencia y disponibilidad de las maquinas aumentará, de esta manera la afectación de la producción imputable a manteamiento disminuirá.

En la ilustración 4.1 se observa de manera general, los pasos que se desarrollaron durante la ejecución del proyecto.

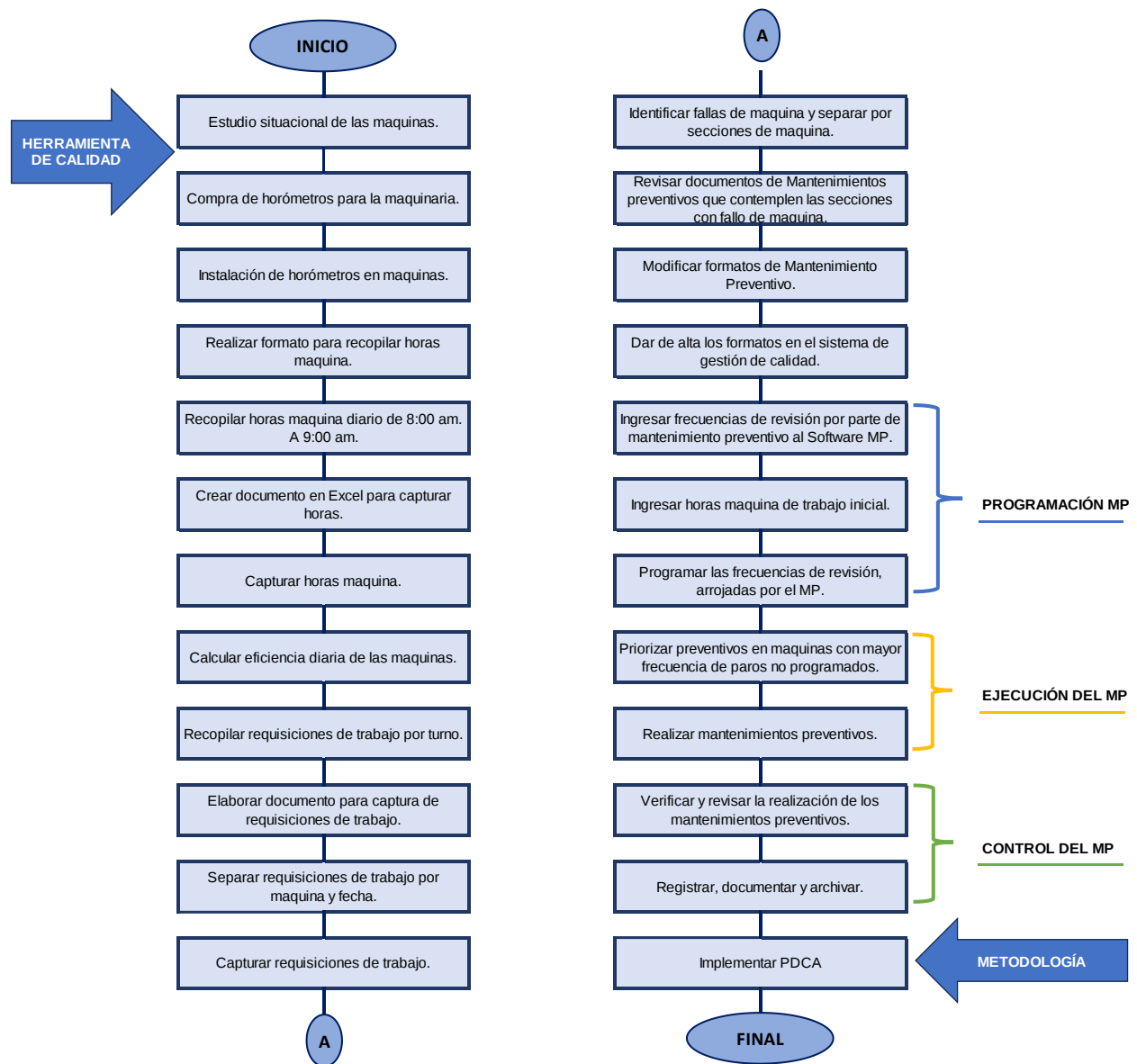


Ilustración 4. 1 Diagrama de procesos (Elaboración propia).

Cronograma de actividades.

Para lograr los objetivos planteados en el proyecto, se trabajará con apoyo de la metodología PDCA, calendarizando las actividades en un periodo quincenal, tal como se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4. 1 Cronograma (Elaboración propia).

ACTIVIDADES POR QUINCENA	Ene 2a	Feb 1ª	Feb 2ª	Mar 1a	Mar 2a	Abr 1a	Abr 2a	May 1ª	May 2a
Estudio situacional de las máquinas.									
Determinar la frecuencia de revisión.									
Modificar, personalizar y difundir formatos de mantenimiento preventivo.									
Habilitar software MP (Programar, ejecutar y controlar).									
Ejecución de mantenimientos preventivos.									
Análisis de resultados y seguimiento al control de mantenimientos preventivos.									
Análisis y seguimiento de fallas por medio de PDCA.									

PLANEAR.

Estudio situacional de las máquinas.

Primeramente, se realiza un recorrido en la planta para empezar a identificar las máquinas que componen cada uno de los procesos. Así mismo se distinguen las partes que conforman cada una de las máquinas. Algunos de los hallazgos más relevantes que se detectaron en la situación del departamento son los siguientes:

- Las frecuencias de revisión de mantenimiento preventivo son generales para todas las maquinas, lo que contrae que solo se apliquen actividades de revisión a una mínima cantidad de máquinas.
- No se realizan mantenimientos preventivos, se trabaja con check list a modo que las fallas se presentan, es decir, que las actividades laborales se basan en un mantenimiento correctivo.
- El personal de mantenimiento no registra información de las intervenciones que realizan en las máquinas.
- El departamento no cuenta con trazabilidad en los trabajos de mantenimiento que ejecuta.
- En una junta matutina se informan de manera verbal los trabajos o anomalías que se presentaron durante el turno laboral, esta informalidad ocasiona que no se le da seguimiento a las fallas que se presentan en la planta.
- El departamento si cuenta con Hojas de operación estándar, revisadas, autorizadas y controladas. Sin embargo, el check lis de revisión de actividades que manejan no se encuentra controlado y mucho menos resguardado, lo que afecta directamente en auditorias de calidad.
- Se identifican 85 máquinas que forman parte del proceso directo en la producción del cable, todas carecen de mantenimientos preventivos.

Esta situación en la que se encuentra el departamento de mantenimiento, es en base de no contar con un mantenimiento preventivo sistematizado.

En la ilustración 4.2 se muestra el análisis del problema que presenta el departamento, así como una mayor visualización e identificación de la causa raíz. Tal como se puede observar, las causas se relacionan, por tal motivo todas influyen en el problema, sin embargo, la causa raíz es el, método, puesto que es la que cuenta con mayor ponderación y es donde se comenzará a trabajar, contemplando la relación que existe, se afectará de manera positiva los demás factores.

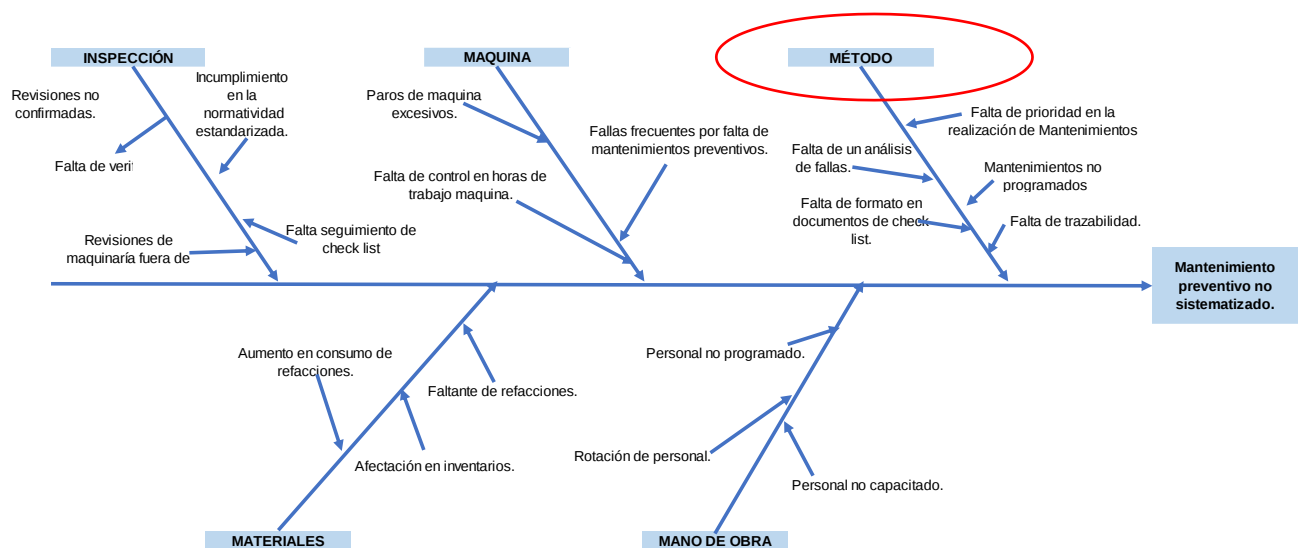


Ilustración 4. 2 Diagrama de Ishikawa (Elaboración propia).

La programación de los mantenimientos preventivos, así como la documentación que se requiere o utiliza para la ejecución de los mismos y el seguimiento continuo son algunas directrices importantes dentro de la causa raíz de nuestro problema, mantenimientos preventivos no sistematizados.

Determinar la frecuencia de revisión.

En el transcurso del recorrido por la planta, se identificaron varias máquinas paradas, algunas por falta de material, otras por falta de personal e incluso por fallas de mantenimiento. Por lo que se enfatizó en que las maquinas no trabajan a la par y surge la idea del Kaizen.

Como parte de la sistematización de los mantenimientos preventivos, se comienza por implementar un kaizen en la maquinaria, este con la finalidad de empezar a contabilizar las horas de trabajo de cada máquina, puesto que las maquinas no trabajan a la par, por tal razón la vida de sus componentes varía.

Al instalar horómetros en la maquinaria como kaizen, la programación de los mantenimientos preventivos se podría llevar de una manera más eficiente.

Se realiza la compra de horómetros para las máquinas, puesto que es primordial que cada maquina cuente con esta refacción. En la ilustración 4.3 se puede observar el correo que se envió como inicio del flujo de compra de los horómetros.

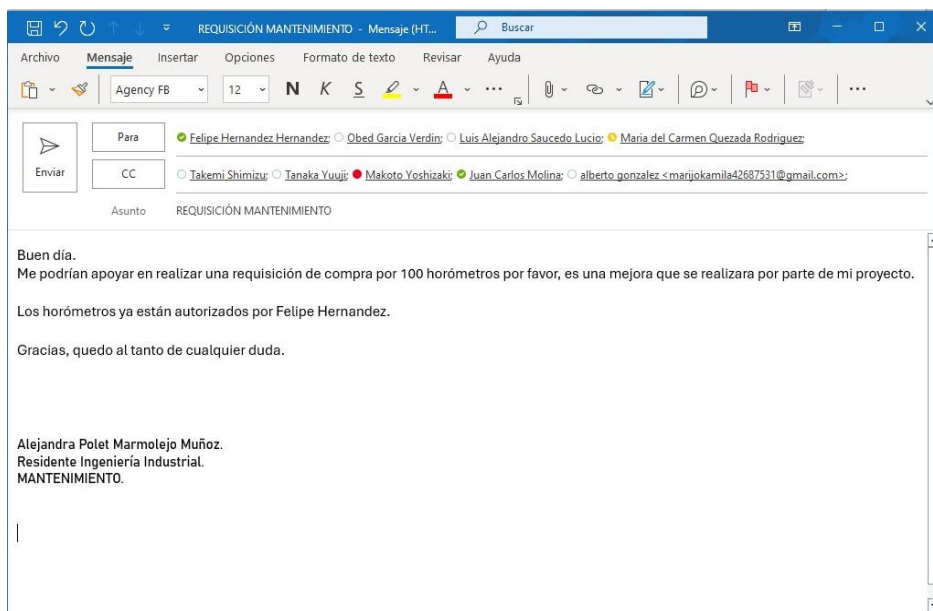


Ilustración 4. 3 Requisición de horómetros.

Instalación de horómetros en máquinas.

Una vez que los horómetros llegaron a la planta días después de realizar su compra, se realizó una requisición de orden de trabajo, para que personal de mantenimiento instalara los horómetros necesarios, a cada una de las máquinas que lo requerían, tal como se puede observar en la ilustración 4.4.

FORMATO DE REQUISICIÓN DE REPARACIÓN			
Nº 16003			
No. De Reporte de Reparación (20)			
Máquina: <u>Maquinaria en general</u>	Problema: <u>Falta de horómetros en máquinas</u>	Fecha: <u>23-01-2024</u>	
Producción (líder): <u>Alejandra Polet Marmolejo M. de producción.</u>			
Descripción: <u>Instalar horómetros en las máquinas de cada proceso de producción. (Medium, Drawing, Bunching y Extrusión). y así mismo confirmar que las máquinas que cuenten con horómetro funcionen de caso contrario: reemplazar por nuevo.</u>			
Firma de producción en conformidad: <u>Alejandra Polet M.M.</u>			
Hora de paro: <u>N-A</u>	Hora de arranque: <u>N-A</u>	Tiempo de paro: <u>N-A</u>	Hrs. de la máquina: <u>N-A</u>
Mantenimiento (líder): <u>Luis Alejandro Sarracón</u>			
Acción: <u>Se instalan horómetros en máquinas de medium, drawing, bunching y extrusión. Se reemplaza el horómetro de rod mill y MDI por que no funcionaba correctamente.</u>			
Resultado: <u>OK</u>			
Inicia reparación: <u>N-A</u>	Término reparación: <u>N-A</u>	Tiempo de paro por mantenimiento: <u>N-A</u>	
Supervisor (Mantto): <u>[Firma]</u>			
Confirmación de resultados: <u>Todos funcionando OK.</u>			
Acción por Supervisor:			

Ilustración 4. 4 Formato de requisición.

De esta manera se logra cubrir el 100% de las maquinas con su respectivo horómetro, con la finalidad de calcular de manera más asertiva la eficiencia de las mismas, así como obtener el tiempo real de paro ocasionado por cualquier situación. En la ilustración 4.5 se puede observar uno de los horómetros que se instalaron en la maquinaria.

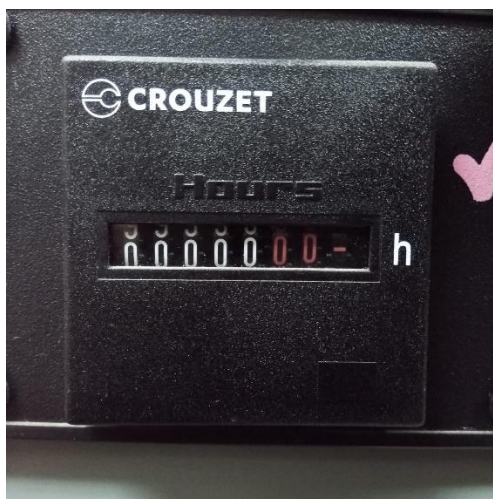


Ilustración 4. 5 Horómetro.

Una vez instalados los horómetros, se empieza a recopilar las horas de trabajo de cada una de las máquinas, en la ilustración 4.6 se puede observar el formato que se realizó para recopilar las lecturas diarias obtenidas de los horómetros de las máquinas.

CONTROL DE HORAS SEMANALES													
13/05/2024		14/05/2024		15/05/2024		16/05/2024		17/05/2024		18/05/2024		19/05/2024	
NOMINA:		NOMINA:		NOMINA:		NOMINA:		NOMINA:		NOMINA:		NOMINA:	
MAQUINAS	HORAS DE TRABAJO	MAQUINAS	HORAS DE TRABAJO	MAQUINAS	HORAS DE TRABAJO	MAQUINAS	HORAS DE TRABAJO	MAQUINAS	HORAS DE TRABAJO	MAQUINAS	HORAS DE TRABAJO	MAQUINAS	HORAS DE TRABAJO
RM		RM		RM		RM		RM		RM		RM	
M1		M1		M1		M1		M1		M1		M1	
M2		M2		M2		M2		M2		M2		M2	
D1		D1		D1		D1		D1		D1		D1	
D2		D2		D2		D2		D2		D2		D2	
D3		D3		D3		D3		D3		D3		D3	
D4		D4		D4		D4		D4		D4		D4	
D5		D5		D5		D5		D5		D5		D5	
B01		B01		B01		B01		B01		B01		B01	
B02		B02		B02		B02		B02		B02		B02	
B03		B03		B03		B03		B03		B03		B03	
B04		B04		B04		B04		B04		B04		B04	
B05		B05		B05		B05		B05		B05		B05	
B06		B06		B06		B06		B06		B06		B06	

Ilustración 4. 6 Control de horas semanales (Elaboración propia).

Es importante mencionar que la recopilación de horas, se debe realizar diario por las mañanas para tener mayor precisión y menos discrepancias en las horas trabajadas, en un intervalo de 8:00 a 9:00 am, de esta manera se estarían recopilando cada 24 horas

aproximadamente. Una vez recopiladas las horas se procede a capturar esta información y así obtener la eficiencia de trabajo de cada una de las máquinas, la ilustración 4.7 nos muestra el documento que se elaboró en Excel para darle seguimiento diario a las lecturas.

					05/02/2024				06/02/2024			
	Machine	Category	time	hrs	Comienzo	Fin	Tiempo de f.	Tasa de o.	Comienzo	Fin	tiempo de	Tasa de o.
Ejem.	E1		8:00~8:00		0.0		0.0	0%	0.0		0.0	0%
DRAW	RM	Rodmil	8:00~8:00	24	198.0	210.0	12.0	50%	210.0	218.0	8.0	33%
	M1	Draw	8:00~8:00	24	134.0	150.0	16.0	67%	150.0	162.0	12.0	50%
	M2	Draw	8:00~8:00	24	100.0	118.0	18.0	75%	118.0	125.0	7.0	29%
	D1	Draw	8:00~8:00	24	120.0	132.0	12.0	50%	132.0	145.0	13.0	54%
	D2	Draw	8:00~8:00	24	98.0	111.0	13.0	54%	111.0	134.0	23.0	96%
BUN	D3	Draw	8:00~8:00	24	114.0	136.0	22.0	92%	136.0	150.0	14.0	58%
	D4	MD	8:00~8:00	24	132.0	152.0	20.0	83%	152.0	170.0	18.0	75%
	D5	MD	8:00~8:00	24	138.0	148.0	10.0	42%	148.0	164.0	16.0	67%
	B01	B6H	8:00~8:00	24	121.0	128.0	7.0	29%	128.0	150.0	22.0	92%
	B02	B6H	8:00~8:00	24	178.0	198.0	20.0	83%	198.0	217.0	19.0	79%
	B03	B6H	8:00~8:00	24	96.0	110.0	14.0	58%	110.0	132.0	22.0	92%
	B04	B3H	8:00~8:00	24	85.0	108.0	23.0	96%	108.0	127.0	19.0	79%
	B05	B3H	8:00~8:00	24	65.0	89.0	24.0	100%	89.0	109.0	20.0	83%
	B06	B3H	8:00~8:00	24	98.0	114.0	16.0	67%	114.0	136.0	22.0	92%
	B07	B3H	8:00~8:00	24	114.0	120.0	6.0	25%	120.0	144.0	24.0	100%
	B08	B3H	8:00~8:00	24	124.0	136.0	12.0	50%	136.0	155.0	19.0	79%
	B09	B6H	8:00~8:00	24	135.0	142.0	7.0	29%	142.0	164.0	22.0	92%
	B10	B3H	8:00~8:00	24	135.0	148.0	13.0	54%	148.0	167.0	19.0	79%
	B11	B3H	8:00~8:00	24	125.0	136.0	11.0	46%	136.0	160.0	24.0	100%
	B12	B3H	8:00~8:00	24	185.0	198.0	13.0	54%	198.0	221.0	23.0	96%
	B13	B3H	8:00~8:00	24	89.0	110.0	21.0	88%	110.0	128.0	18.0	75%
	B14	B3H	8:00~8:00	24	79.0	93.0	14.0	58%	93.0	113.0	20.0	83%
	B15	B3H	8:00~8:00	24	98.0	122.0	24.0	100%	122.0	140.0	18.0	75%

Ilustración 4. 7 Control de eficiencia en horas (Elaboración propia).

El documento se conforma por fecha, por las máquinas y su codificación. Se inicio capturando la primera cantidad de horas trabajadas de las máquinas, como punto de comienzo y así sucesivamente día tras día. El formato se encuentra formulado, de manera que, al capturar los datos recaudados, la eficiencia se calcula en automático, en una escala de 0 a 100%, donde el 100% les corresponde a las 24 horas trabajadas. Permitiendo tener un dato exacto de las horas de trabajo real de las máquinas.

Modificar, personalizar y difundir formatos de mantenimiento preventivo.

El contar con la tasa de funcionamiento de las maquinas era solo el inicio, es necesario saber a qué tipo de causas o anomalías, les corresponde el tiempo de paro de las máquinas y así conocer los problemas que se presentan.

Por tal motivo se involucró al personal de mantenimiento y así mismo al personal de producción, para comenzar a registrar las anormalidades presentadas durante el turno de trabajo, tomando en cuenta el formato de requisición, con el que ya contaba el departamento para trabajos externos. Se utilizo este formato para registrar toda falla o anomalía asociada con cualquier tipo de maquina y de igual manera las acciones que se realizaron para solucionar el problema. En la ilustración 4.8 se muestra el formato que se usó para darles a conocer a los operadores como deberían de llenar el formato. Es muy importante determinar qué causó la falla y así partir de ahí para tomar las medidas adecuadas, por tal razón se les concientizó de la importancia de llenarlos de manera correcta.

LLENADO CORRECTO DE FORMATO DE REQUISICIÓN DE REPARACIÓN

FORMATO DE REQUISICIÓN DE REPARACIÓN
Nº 16004

CONFIRMACIÓN	
Unidad	Sección
Revisor	Revisor
Asesorado	Asesorado
Revisado	Revisado
Revisado	Revisado

1 No. De Requisición de Reparación (20)

2 Máquina: Problema: Fecha:

3 Descripción:

4 Hora de paro: Hora de arranque: Horas de paro: Hora de la máquina:

5 Hora de producción en normalidad:

1 Resultado:

2 Hora de arranque: Hora de paro: Horas de paro por mantenimiento:

3 Continúa de resultados:

1 Asesorado Supervisor:

PRODUCCIÓN

1. Se escribe la maquina donde se pretende que mantenimiento intervenga, se le da un nombre al problema o anomalía que se presenta, se escribe la fecha en que se realizó la requisición y debe ir el nombre completo del líder de producción en turno o quien reporta la situación.
2. Se describirá a detalle y con letra legible, que es lo que se esta presentando como problema. La descripción debe ser clara y concisa.
3. Se escribirá la hora en que la maquina paro.

Una vez llenos estos datos se entrega la requisición a personal de mantenimiento, para que le dé seguimiento al problema.

4. Después de la intervención de mantenimiento, se registrará la hora de arranque de la máquina, el tiempo total de paro y las horas de la máquina, proporcionadas por el horómetro.
5. Como último paso el líder debe firmar de conformidad respecto a la intervención de mantenimiento.

MANTENIMIENTO

1. Se registrará el nombre de la persona quien intervenga en la falla, el líder de mantenimiento es quien decide la asignación.
2. Se describirá a detalle de lo que se realizó en la intervención, siendo lo mas claro posible y abarcando todas las acciones realizadas. Se da a conocer el resultado que tuvo la intervención.
3. Al recibir la requisición por parte de producción, se deberá registrar la hora en que inicio la intervención, así como la hora en la que termino y el tiempo total de paro por mantenimiento.

SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO

1. La persona encargada de las fallas diarias de mantenimiento, confirmara las acciones realizadas, así como el correcto llenado del formato, firmando en representación del supervisor. En caso de existir alguna acción por parte del supervisor se registra en este ultimo apartado.

Ilustración 4. 8 Llenado correcto de formato de requisición.

Con esta acción las fallas o anomalías que se presentan durante el turno de trabajo, quedarían registradas en el formato de requisiciones, y en la junta matutina, aparte de entregar turno de manera verbal, lo harían dejando evidencia de cada falla comunicada.

Una vez recibidas estas requisiciones de fallas, se vio la necesidad de elaborar el siguiente formato, con la finalidad de darles un mejor seguimiento a las fallas, separando las requisiciones principalmente por fecha y máquina, tal como se puede observar en la ilustración 4.9.

FECHA	TURNO	MAQUINA	SECCIÓN	TIEMPO DE PARO (MIN)	FREC.	PROBLEMA	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN.	RESP.
01/04/2024	AZUL	E1	FLEJADORA	15	1	FLEJADORA	Revisar condición de flejadora, ya que le hace un daño a la insulación a un lado del fleje.	Se retira filo en una de las guardas de la flejadora por que dañaba las coils. Lider no quiso usar flejadora manual para no detener maquina.	ANDRES
01/04/2024	ROJO	E1	FRENO TENSOR	22	1	DAÑO EN POLEA	Cambio de polea de tensión brake y ajuste de tensión de banda.	Cambio de polea de tensión brake. Ajuste de tensión de banda, se confirma tesnsión por ingeniería.	JUAN MANUEL
02/04/2024	ROJO	E1	SUCCIONADORES DE AGUA	12	1	CERAMICAS DE EXTRACTORES	Se revisan ceramicas de extractores.	Revisión de ceramicas de extractores. Se restablece dree y over load de extractores.	JUAN MANUEL
02/04/2024	AZUL	E1	LETTER MARKER	10	1	BALEROS DAÑADOS	Para maquina por baleros dañados en letter mark.	Se reemplazan baleros de flecha de letter mark.	JORGE ALEJANDRO
04/04/2024	VERDE	E1	TRAVERSE	11	1	BRAZOS NO SACAN DONAS DEL PARASOL	Brazos no retiran dona del parasol.	Parasol se queda sin moverse por que treverse se ator. Se lubrica y se libera.	LUIS
05/04/2024	VERDE	E1	MESA DE COILER	15	1	SALE DE CICLO	Maquina sale de ciclo	Se rehincia coiler por ciclo travado.	LUIS
06/04/2024	ROJO	E1	INYECCIÓN DE COLOR	8	1	TOLVA DE COLOR CHIP B DE MAIN EXTRUDER NO ALIMENTA	Tolva no alimentaba, estaba alarmada la B	Se verifican sensores, que esten detectando la tolva, acoplamiento de servo motor, así como alarmas en servo drive de tolva y todo ok, se restablece unidad de color y queda ok dejando alimentar.	JORGE LUIS
08/04/2024	AMARILLO	E1	SUCCIONADORES DE	5	1	SUCCIONADOR NO PREFNDE	Succionador apagado y causa lump continuos.	Se restablece variador y funciona.	AARON

< >
E1
E2
E3
E4
E5
E6
E7
E8
E9
EN
EO
EP
EQ
ER
EXTRUSIÓ

Ilustración 4. 9 Registro de paros de maquina diarios (Elaboración propia).

Capturando la información anterior, se comenzó a contabilizar las frecuencias de las fallas y se separaron dichas fallas, agrupándolas por secciones de las máquinas, es

decir, se identificó en que parte de la maquina corresponde la falla, para darle un mejor seguimiento, tal como se muestra en la ilustración 4.10.

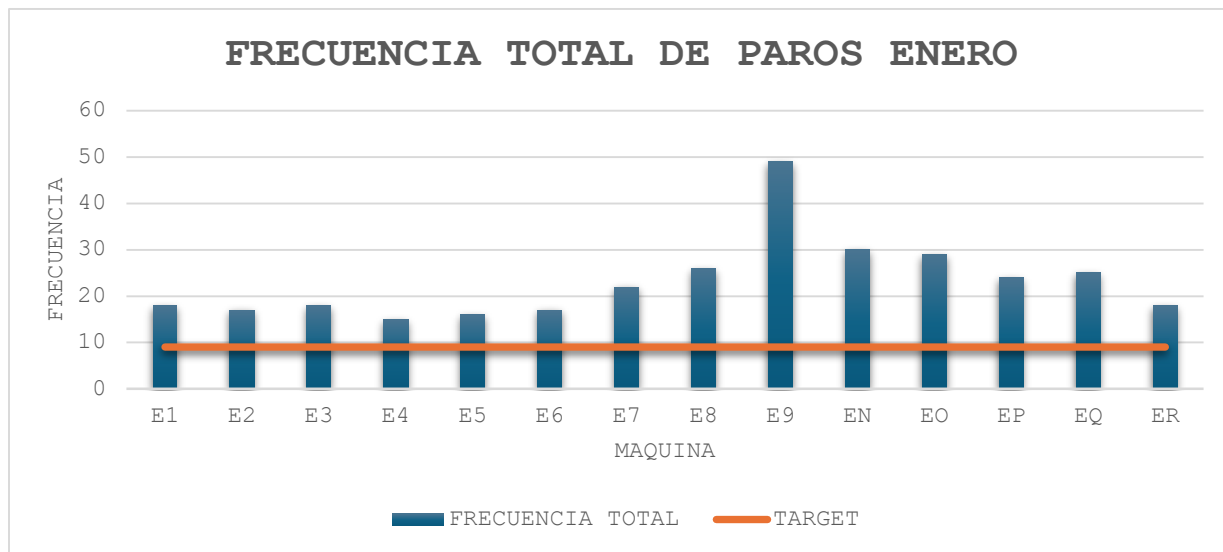
ACCIÓN.	RESP.	FRECUENCIA					TIEMPO				SECCIÓN															
		PRODUCCIÓN	AMARILLO	ROJO	VERDE	AZUL	AMARILLO	ROJO	VERDE	AZUL	FLEADORA	TAKE UP	BRAZOS	MESA DE CO	PARASOL	NPS	TRAVERSE	CONTADOR	ACUMULAD	SISTEMA DE	SUCCIONAD	TABLERO EL	LETTER MARK	BAND		
Se retira filo en una de las guardas de la flejadora por que dañaba las colts. Líder no quiso usar flejadora manual para no detener maquina.	ANDRES		0	0	0	1						1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cambio de poleas de tensión brake.	JUAN MANUEL		0	1	0	0																				
Ajuste de tensión de banda, se confirma tensión por ingeniería.	JUAN MANUEL		0	0	0	0						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Revisión de cerámicas de extractores.	JUAN MANUEL		0	1	0	0																				
Se restablece drive y over load de extractores.	JUAN MANUEL		0	0	0	0						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
Se reemplazan baleros de flecha de letter mark.	JORGE ALEJANDRO		0	0	0	1						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
Parasol se queda sin moverse por que treverse se ator. Se lubrica y se libera.	LUIS		0	0	1	0						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Se rehinchia colier por ciclo trabajo.	LUIS		0	0	1	0						0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
Se verifican sensores, que estén detectando la tola, acoplamiento de servo motor, así como alarmas en servo drive de tola y todo ok, se restablece unidad de color y queda ok dejando alimentada.	JORGE LUIS		0	1	0	0						0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Se restablece variador y funciona.	AARON		1	0	0	0						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
< > E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	EN	EO	ER	EO	ER	EXTRUSIÓN	ST1	ST	++	+	+	+	+	+	+	+		

Ilustración 4. 10 Registro de paros de maquina diarios (Elaboración propia).

De esta manera se comenzó a identificar qué maquinas tenían mayor prioridad en cuanto a las fallas presentadas.

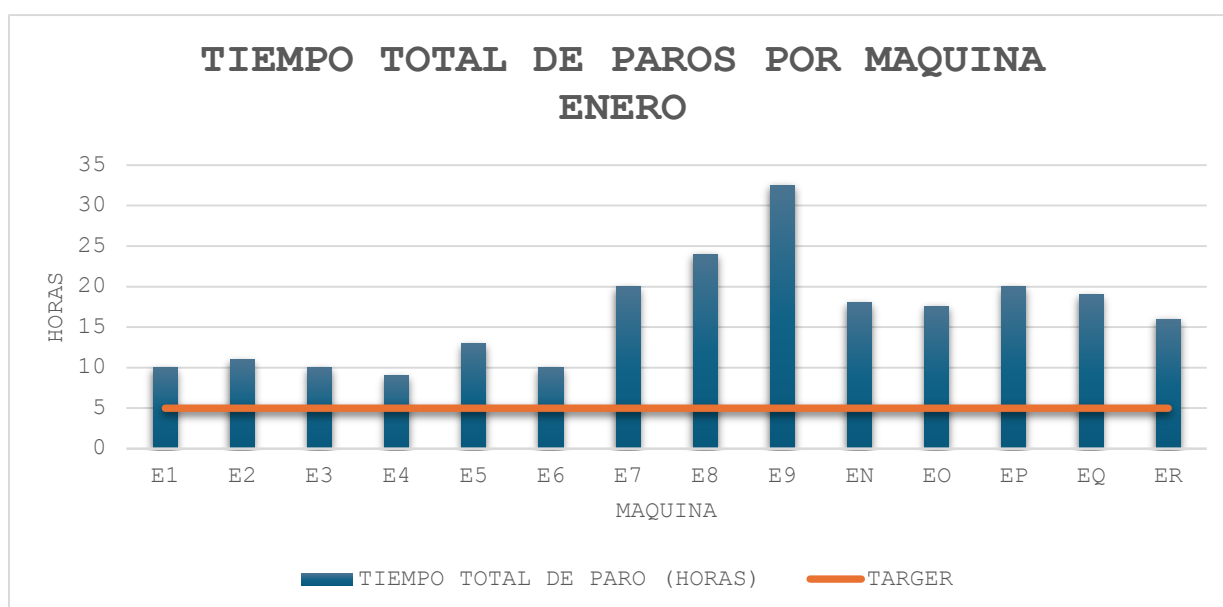
Con la información recabada en el registro de paros de máquina, se puede hacer un análisis del comportamiento de las maquinas por medio de las fallas. En el grafico 4.2 se puede observar la frecuencia total de paro de maquina por mantenimiento, en el área de extrusión durante el mes de enero, donde las frecuencias de paro están por encima de 15 ocasiones de paro en cada máquina, teniendo mayor frecuencia de paro en la extrusora 9, por lo que se plantea como objetivo disminuir la frecuencia de paro por máquina, a 10 paros por maquina durante un mes.

Gráfico 4. 2 Frecuencia total de paros Extrusión (Elaboración propia).



Y en el grafico 4.3 se muestran las horas de paro de cada máquina durante el mes de enero, donde se puede observar que las maquinas paran su producción por más de 8 horas, afectando directamente a la producción, donde de nuevo presenta mayor afectación la extrusora 9, así mismo se presenta el objetivo que se planteó alcanzar una vez realizando los mantenimientos preventivos y dándole seguimiento a las fallas de maquina presentadas.

Gráfico 4. 3 Tiempo total de paros por maquina Extrusión (Elaboración propia).



Revisar documentos de Mantenimientos.

El departamento de mantenimiento ya cuenta con las hojas de operación estándar para realizar los preventivos, dichas hojas se revisaron en conjunto con la actividad práctica, no encontrando anormalidad alguna. De igual manera se usaron los check list que utilizaba el departamento de mantenimiento para realizar los preventivos. La revisión coincide con las HOE (Hojas de operación estándar), sin embargo, no hay un orden adecuado entre los ítems y el formato suele ser confuso, por tal razón se modifican los check list, realizando un formato nuevo, con ítems ordenados y agrupados por sección de revisión. En la ilustración 4.11 se puede observar el nuevo formato que se realizó, así mismo se modificó la frecuencia del plan de mantenimiento, como ya se explicó anteriormente las maquinas no corren al mismo tiempo y no funcionan las 24 horas del día, por esa razón es que se cambiaron las frecuencias de revisión: "semanales, quincenales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales" por horas de trabajo cumplido, es decir, que el plan de mantenimiento preventivo se realizara una vez cumpliendo las horas de trabajo establecidas: "168, 360, 720, 2160, 4320 y 8640". Un aspecto muy importante para lograr una buena programación de Mantenimiento Preventivo es la fijación de las frecuencias de inspección.

Plan de Mantenimiento de 360 Hrs		CONFIDENCIAL	
		Código	MA-FO-477
		Revisión	2
		Actualización	12-6-24
		Responsable	Mantenimiento
		Retención	3 años
Técnico de Mantenimiento:		Fecha de realización:	
Supervisor: Felipe Hernandez Hernandez		Fecha de revisión:	
Máquina: E8		Semana:	
Tiempo determinado para terminar pm:			
Hora de inicio:	Hora de término:	OK	NG
Sección de Alimentación de Extrusora Principal			
Revise que haya flujo de agua para enfriar la zona de derretimiento.			
Revise que no haya partes dañadas ni faltantes. Repare o reemplace de ser necesario.			
Revise la condición de los sensores de la garganta de alimentación.			
Tolvas de la Extrusora Principal			
Revise la condición de los sensores de las tolvas de PVC.			
Revise el funcionamiento de la torreta de alarmas de unidad de color (que tenga iluminación, sonido)			
Revise la condición de los sensores de las tolvas de color chip.			
Revise la instalación y apriete de los acoplamientos de los servomotores alimentadores de las tolvas.			
Revise que no haya partes faltantes o desgastadas. Repare o reemplace de ser requerido.			
Revise que visagras de tolvas no tengan juego			
Confirmar el nivel de las tolvas de color con nivel de goma, en caso de estar desanivelado colocar linternas para nivelar.			
Marcadora de anillos (MEDEKA AND SCHORNER)			
NOTA: Vea la hoja de instrucciones MAW 525A para usarla como guía al cambiar cualquier banda o polea.			
Quite la banda de transmisión para permitir una inspección de baleros y poleas (girar para identificar ruidos anormales). EL TECNICO DEBERA DE REVISAR CON VIBROMETRO, LA TOLERANCIA DEVERA SER A STA 7 MM/S			
*Quite la banda plana y la banda de tiempo para permitir la inspección adecuada de los rodamientos de las poleas planas y de las flechas			
Revise la condición y tensión de la banda blanca y la banda de tiempo. Realizar cambio de ser necesario.			
Cambiar los rodamientos de la polea de cerámica de la entrada.			
Limpie la entrada de aire del motor de los tambores.			
Revise que no existan fugas de tinta en la bomba.			
Revise que no haya partes flojas en la bomba.			
Revise el FRL de la bomba de tinta. Drenar de ser necesario. Asegurese de que el manómetro este ajustado entre 70-80psi			
Revise todas las partes por donde pasa el alambre y asegure que el cable no se dañará al pasar por ahí.			
Revise la condición y funcionamiento de la luz estroboscópica. (Con máquina encendida) Realizar cambio de ser necesario.			
CO			
Retirar sopladores de aire y limpiar, retirar todo residuo de tinta			
Revisar condición de ductos de papel metálico, si se encuentra dañado reemplazar			
Tanque de enfriamiento y canales de enfriamiento			
Quite y limpie las boquillas, asegurese de que haya buen flujo de agua después de ensamblar de nuevo y que este moje el cable.			
Cambie el agua del tanque y los filtros calefín.			
Limpie los filtros Y de drenado y los filtros Y de la bomba.			
Asegurese de purgar las bombas después de rellenar el tanque.			
Revise que el sensor de temperatura marque lectura y no tenga daños físicos, reemplace de ser necesario			
Revise el flujo de agua en el primer canal de enfriamiento.			
NOTA: Ver procedimiento de mantenimiento MAMP 320 como guía durante la inspección de poleas.			
Revise los rodamientos y poleas del capstan y la rueda boca.			
Revise la condición y funcionamiento de las puertas y cilindros de los capstan.			
Revise la condición de los reguladores de aire de los cilindros de las puertas. Drenar de ser necesario.			
Revise el lubricador del FRL de los cilindros de las puertas. Agregar aceite de ser necesario.			
Revise y repare cualquier fuga de aire.			
Revise la condición de la superficie de la polea guía, que no haya partes flojas y que los baleros estén en buena condición.			
Revise la condición de las cerámicas de las poleas guía.			
Revise todas las partes por donde pasa el cable para confirmar que no se dañe en ninguna parte.			
Confirmar nivel de tanque que este lleno al máximo después de terminar la limpieza			
Tablero eléctrico			

Ilustración 4. 11 Plan de mantenimiento 360 hrs E8.

Como se puede observar en la ilustración 4.12, se añadió el ítem para que el personal registre las horas maquina en las que se realizó el preventivo, estas horas se encontraran en el horómetro que ya se instaló y serán utilizadas posteriormente en el software MP.

Motores		
Limpie con aire comprimido la entrada de aire de todos los motores de la línea (Motores A.C., bombas, ventiladores, etc)		
Labores del operador		
Limpie el interior del canal de los capstan y la primer zona de enfriamiento.		
Asegurese de que las aberturas de drenado esten libres y sin acumulaciones de basura.		
Realice limpieza de Band Marker		
Limpie la máquina y el piso alrededor de ella.		
Limpie los secadores por vacío. Todos los orificios deben estar libres.		
Firma del operador después de haber terminado sus labores:		
ESTADO DE LA MÁQUINA		
Nos se realizó el preventivo debido a: (ver área de comentarios).		
<u>Horas-Máquina:</u>		
<u>Preventivo cerrado en el programa de Mantenimiento:</u>		
<u>Comentarios:</u>		
Confiability de la máquina confirmada por producción:		
Llenado de check list confirmado por tecnico:		
Confirmación de check list confirmado por tecnico lider :		
Criterio de evaluación	CORRECTO: ✓	MALO: X
	PENDIENTE: -	ITEMS QUE NO APLICAN: N/A

Ilustración 4. 12 Plan de mantenimiento 360 hrs E8.

Es importante mencionar que las modificaciones que se realizaron, se realizan en color azul, como requisito de las normas de calidad y para mayor identificación, posteriormente se le informa al departamento de calidad de los cambios realizados, para que dé, de alta los nuevos formatos en su control de documentos auditables, en la ilustración 4.13 se observa el correo que se envió al departamento de calidad, para dar inicio con el proceso de alta de documentos en la base de datos de calidad.

Alta de codigos en el sistema

Hola, buen día.

Roxana me podrías apoyar para dar de alta los documentos modificados de mantenimientos preventivos, por favor.

Te adjunto el archivo con la información.

De antemano muchas gracias, quedo al pendiente de tus comentarios.

Saludos.

codigos de documentos de preventivos.xlsx (605 K)



Ilustración 4. 13 Correo de Altas de códigos en el sistema.

La ilustración 4.14 nos muestra parte de los códigos que se enviaron al departamento de calidad para alta en el sistema de documentos.

DOCUMENTOS DE PREVENTIVOS NUEVOS			
MAQUINA	FRECUENCIA	CODIGO	IDENTIFICACIÓN DEL DOCUMENTO
E7	168	MA-FO-062	Mantenimiento preventivo 168 hrs E7
	360	MA-FO-063	Mantenimiento preventivo 360 hrs E7
	720	MA-FO-064	Mantenimiento preventivo 720 hrs E7
	2160	MA-FO-065	Mantenimiento preventivo 2160 hrs E7
	4320	MA-FO-066	Mantenimiento preventivo 4320 hrs E7
	8460	MA-FO-067	Mantenimiento preventivo 8640 hrs E7
E8	168	MA-FO-068	Mantenimiento preventivo 168 hrs E8
	360	MA-FO-069	Mantenimiento preventivo 360 hrs E8
	720	MA-FO-070	Mantenimiento preventivo 720 hrs E8
	2160	MA-FO-071	Mantenimiento preventivo 2160 hrs E8
	4320	MA-FO-072	Mantenimiento preventivo 4320 hrs E8
	8460	MA-FO-073	Mantenimiento preventivo 8640 hrs E8

Ilustración 4. 14 Listado de códigos de preventivos (Elaboración propia).

Ya teniendo listos los documentos a utilizar para los trabajos de mantenimiento preventivo, las maquinas previamente identificadas y funcionando los horómetros, para las frecuencias de trabajo cumplido, se procede a habilitar el software MP.

HACER

Habilitar software MP (Programar, ejecutar y controlar).

La empresa ya contaba con el software a utilizar, sin embargo, no se había habilitado, porque no se contaba con una base de datos para ejecutarlo. Al ya contar con información recabada, se procede a habilitar el Software.

A continuación, se describe la forma en que se habilito el software, con la intención de programar y sistematizar los mantenimientos preventivos de la planta.

Abrir software y seleccionar la base de datos, tal como se muestra en la ilustración 4.15.

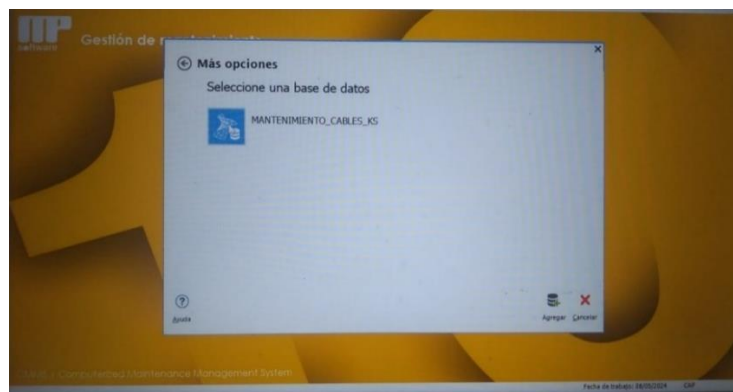


Ilustración 4. 15 Base de datos.

Una vez dentro del software, ingresar a la ventana de “equipos” tal como se muestra en la ilustración 4.16.

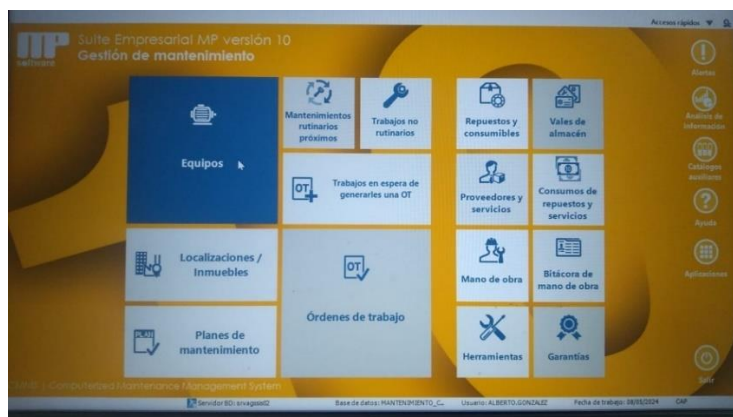


Ilustración 4. 16 Menú MP.

Al ingresar al menú de equipos, se selecciona en la parte superior “agregar” equipo, tal como se muestra en la imagen 4.17.

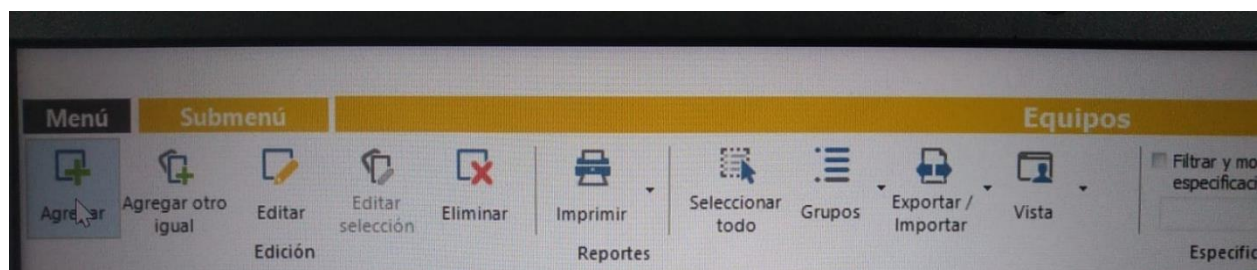


Ilustración 4. 17 Submenú de equipos.

Tal y como se muestra en la ilustración 4.18 se ingresan los datos que se recopilaron durante el inventario físico de cada una de las máquinas. Se llenan cada uno de los espacios vacíos, con la información específica que requiere, por ejemplo, la codificación de la máquina, el área de producción a la que pertenece, etc.

Ilustración 4. 18 Agregar equipos.

Al terminar de agregar cada maquina con su respectiva información, aparecerán enlistadas cada una de ellas como se observa en la ilustración 4.19

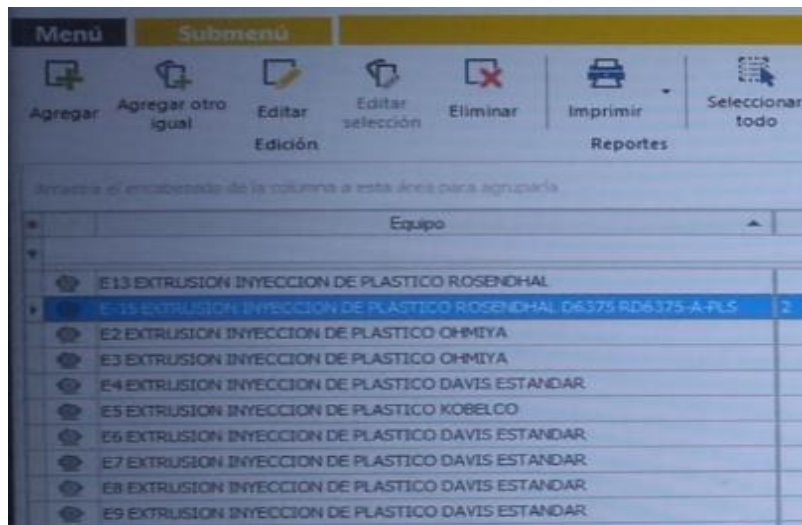


Ilustración 4. 19 Lista de máquinas agregadas.

Se regresa al menú principal tal como se muestra en la ilustración 4.20 y se selecciona la ventana “planes de mantenimiento”.



Ilustración 4. 20 Menú principal.

Como se puede observar en la ilustración 4.21 se ingresa en la opción, “agregar”, en la parte superior del submenú.

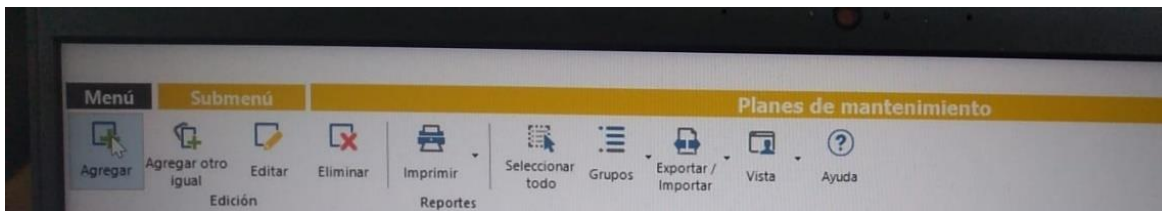


Ilustración 4. 21 Submenú de planes de mantenimiento.

Posteriormente se abrirá la ventana que se muestra en la ilustración 4.22, en la cual se integra el nombre del plan de mantenimiento y se ingresa a la ventana de “partes y actividades”.

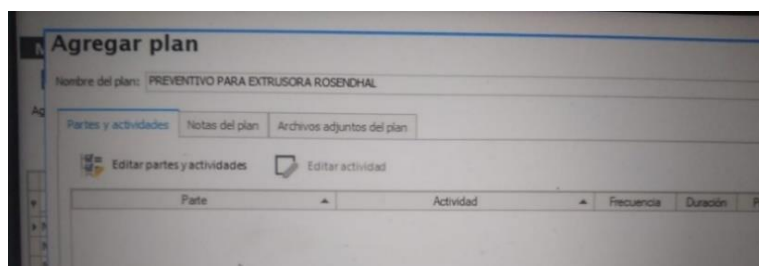


Ilustración 4. 22 Agregar plan.

Y se ingresan las frecuencias de revisión que se desean, al plan de la maquina seleccionada tal como se muestra en la ilustración 4.23.

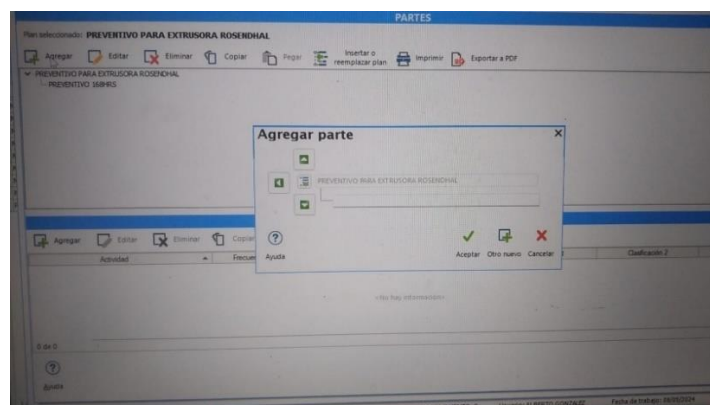


Ilustración 4. 23 Agregar partes.

Una vez agregadas las frecuencias, se selecciona cada una de ellas por separado tal como se muestra en la ilustración 4.24 para comenzar a agregar lo que se revisara en cada frecuencia.

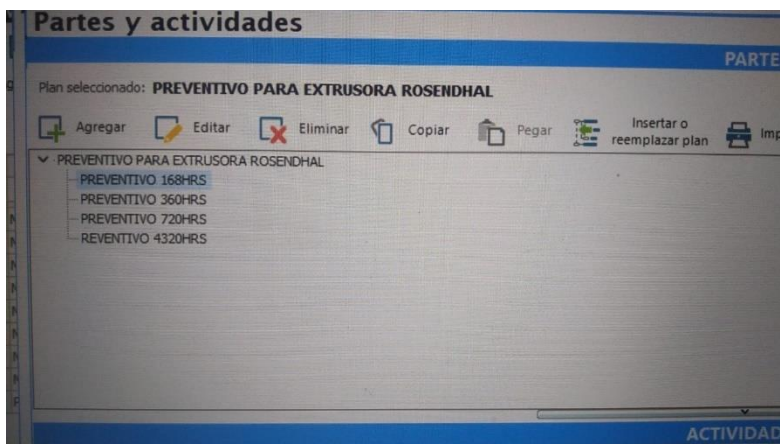


Ilustración 4. 24 Partes y actividades.

Al seleccionar la frecuencia se abre la ventana que se muestra en la ilustración 4.25, donde se capturara la frecuencia y los detalles de las actividades que se van a realizar, es muy importante ingresar el total de horas que se manejarán en cada frecuencia de revisión.

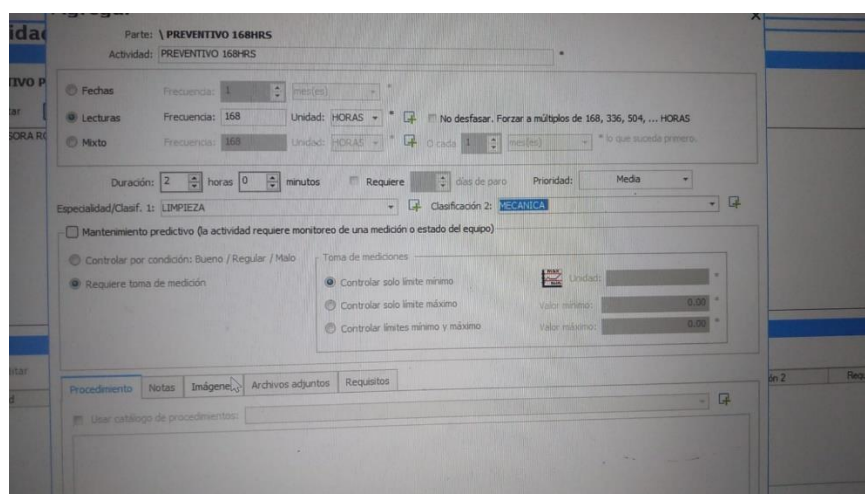


Ilustración 4. 25 Agregar actividades.

Una vez que se termina de agregar todos los planes y actividades se da clic en “cerrar” como se muestra en la ilustración 4.26 y posteriormente aceptar para concluir con la actividad de agregar plan al PM.

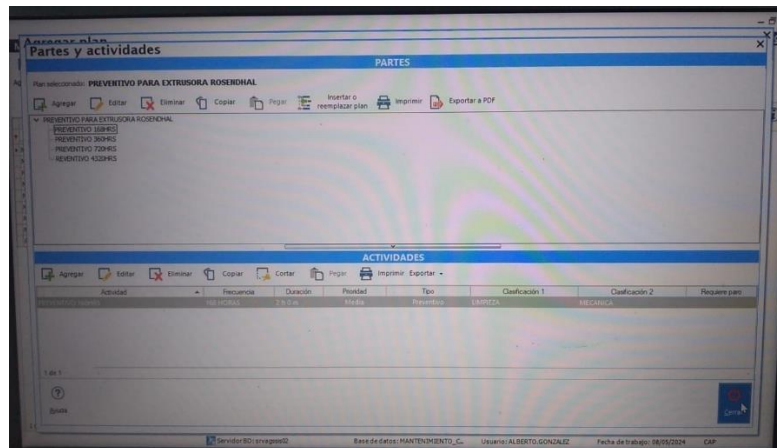


Ilustración 4. 26 Partes y actividades.

Al terminar de agregar las partes y actividades a cada una de las frecuencias de cada maquina se va generando su plan de mantenimiento, una vez generado se regresa al menú principal como se muestra en la ilustración 4.27 y se ingresa a, “Equipos”, para comenzar a ligar el plan de mantenimiento con cada una de las máquinas.

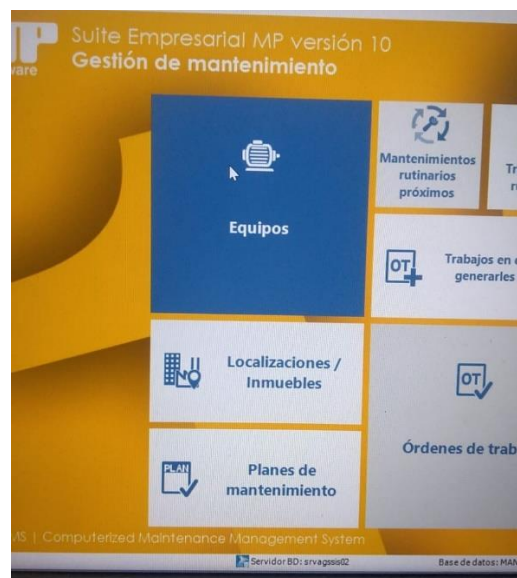


Ilustración 4. 27 Menú principal.

Ingresando a la ventana de equipos aparecen todas las máquinas que se agregaron anteriormente, se selecciona la maquina deseada como se muestra en la ilustración 4.28 y se le da clic en “submenú” en la parte inferior.

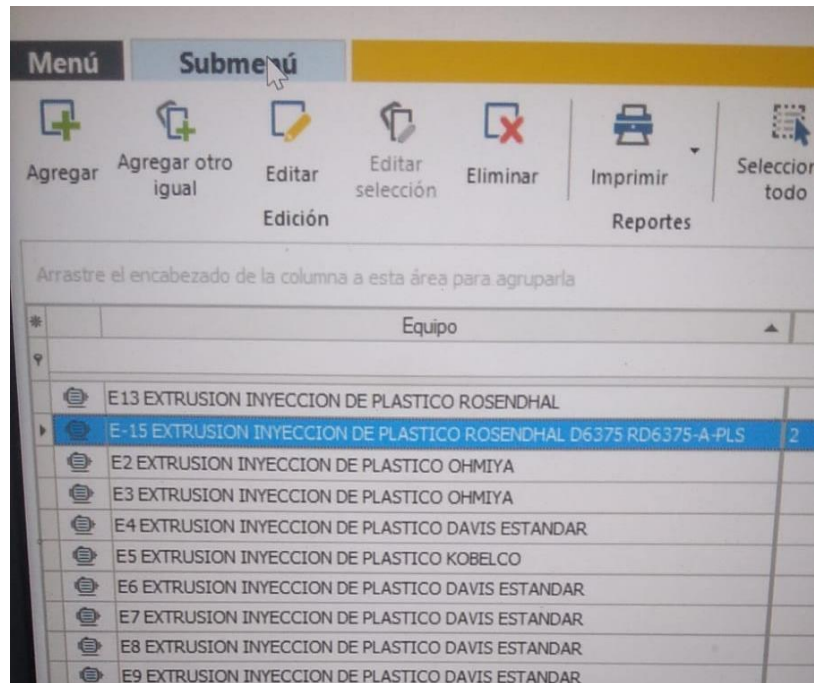


Ilustración 4. 28 Submenú equipos.

Al dar clic se despliega la ventana que aparece en la ilustración 4.29 y se selecciona la ventana que dice “Ligar plan de mantenimiento rutinario”.

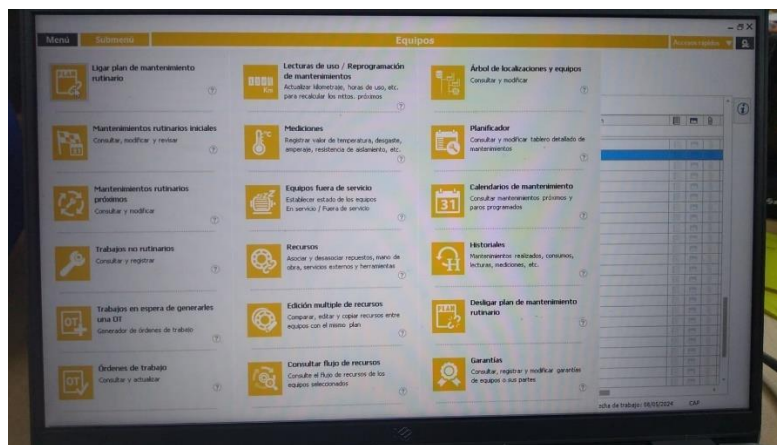


Ilustración 4. 29 Submenú Equipos.

Se selecciona la maquina a la cual se le creo el plan y se da clic en, “asignar plan a equipos seleccionados”, tal como se observa en la ilustración 4.30.

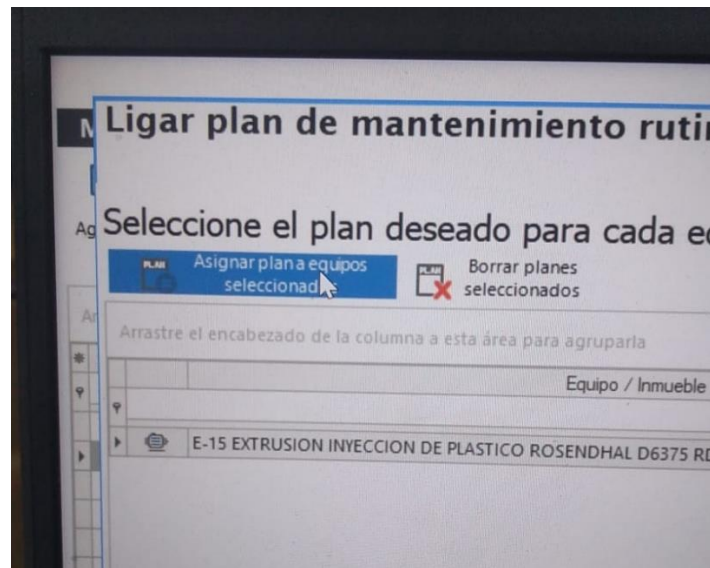


Ilustración 4. 30 Ligar plan de mantenimiento rutinario.

Se selecciona el plan deseado como se muestra en la ilustración 4.31 y se le da clic en “aceptar”.

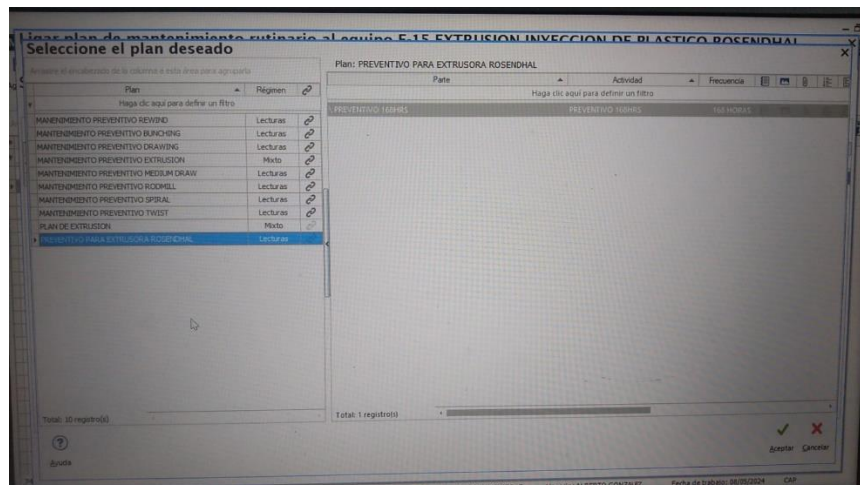


Ilustración 4. 31 Selección de plan deseado.

Después de aceptar aparece la maquina con su respectivo plan ligado, tal como se puede ver en la ilustración 4.32 y se procede a dar clic en, “siguiente”.

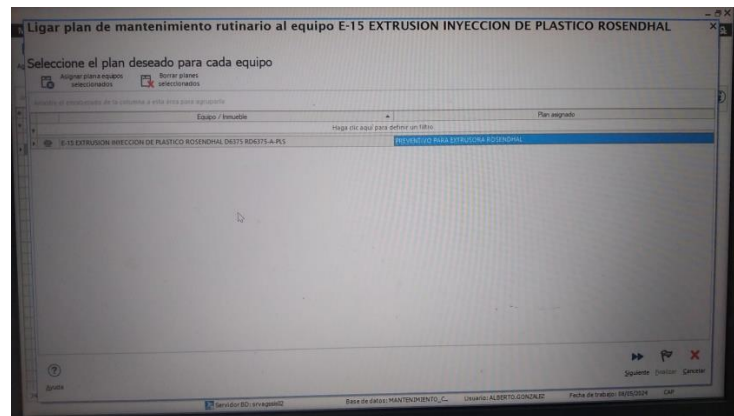


Ilustración 4. 32 Ligar plan.

Posteriormente se ingresan las lecturas de la máquina tal como se muestra en la ilustración 4.33, proporcionadas por los horómetros de cada máquina, a partir de esta lectura empezara a contabilizar para que se generen los planes de mantenimiento. Una vez ingresados los datos se da clic en “finalizar”.

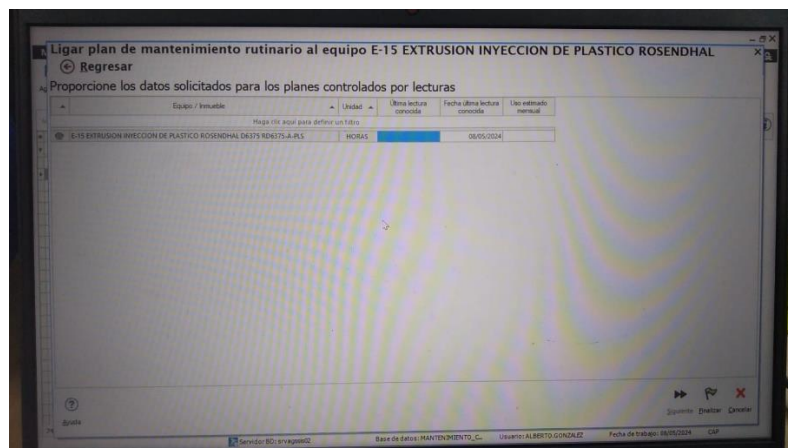


Ilustración 4. 33 Ligar plan rutinario.

La ilustración 4.34 nos muestra la ventana que arroja el MP después de finalizar la acción anterior. Se selecciona la opción “aceptar” para empezar a programar o editar los mantenimientos preventivos.

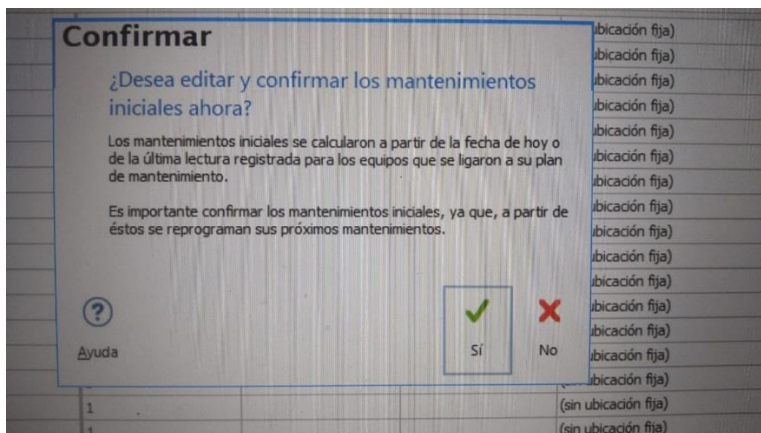


Ilustración 4. 34 Confirmar mantenimientos.

Al aceptar aparece la ventana que se muestra en la ilustración 4.35 donde se confirmara los datos de la máquina, las horas de inicio capturadas y que las horas del próximo preventivo programado coincidan con la frecuencia de revisión, de ser así se confirma de revisado y se le da clic en “aceptar”.

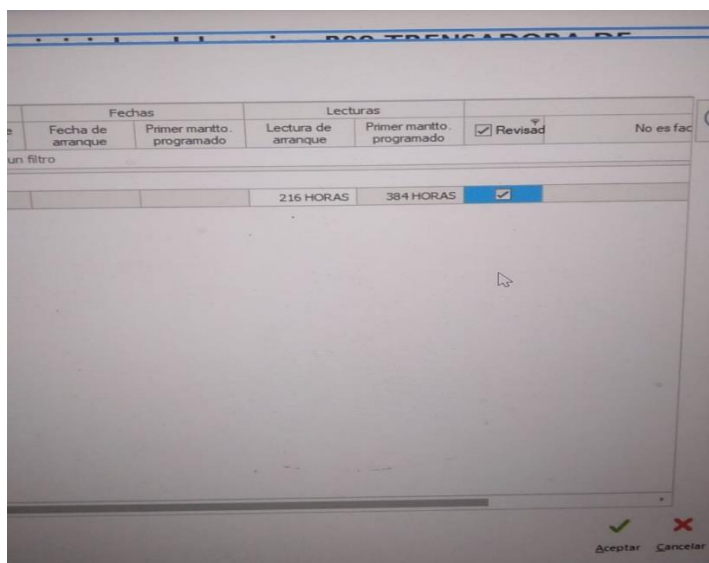


Ilustración 4. 35 Editar y confirmar mantenimientos iniciales.

Se cierra la ventana de submenú como se muestra en la ilustración 4.36 para que guarden los cambios y así se empiece a ejecutar el contador.

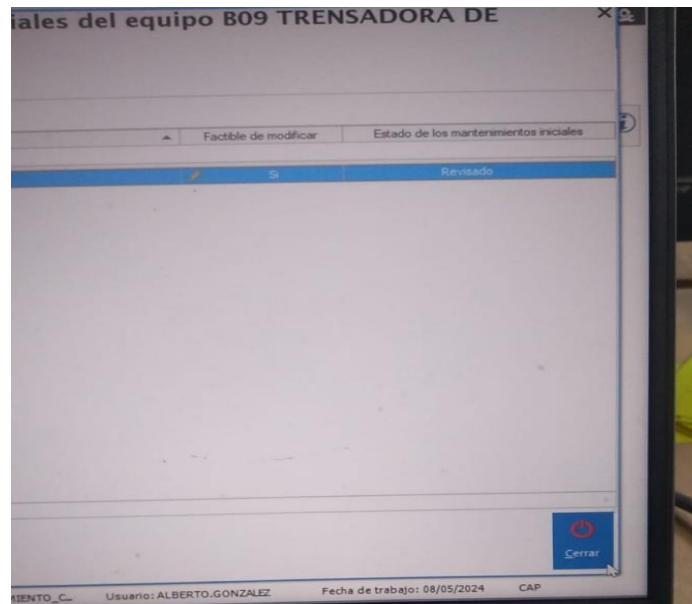


Ilustración 4. 36 Submenú ligar plan.

Una vez cerrado el plan ligado, en el menú principal se generan las ordenes de trabajo para saber en qué frecuencia o cuando se tendría que realizar algún mantenimiento preventivo a las máquinas, para esto se ingresa en el menú principal en la ventana de, “Trabajos en espera de generar una OT” (orden de trabajo), tal como se observa en la ilustración 4.37.

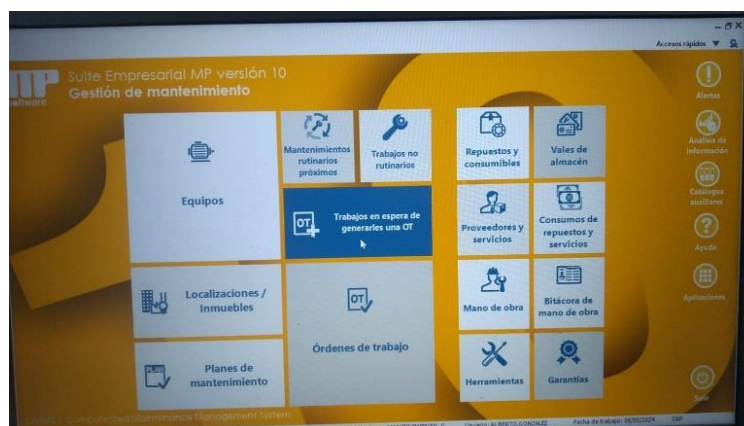


Ilustración 4. 37 Menú principal.

En la ilustración 4.38 se puede observar que al ingresar aparece la información de la maquina y sus respectivos preventivos por realizar, así como la fecha de programación que arrojo el Software.



Ilustración 4. 38 Trabajos en espera de generarles una OT.

Se revisan y confirman los datos arrojados y se procede a generar la OT, tal como se muestra en la ilustración 4.39.

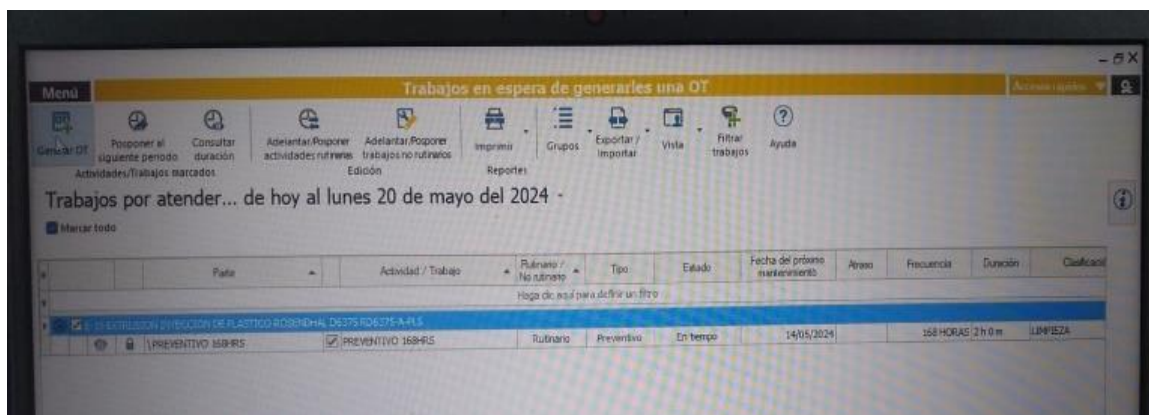


Ilustración 4. 39 Trabajo por generar OT.

Al aceptar generar la OT, el software le asigna una orden de trabajo para mayor control de identificación como se observa en la ilustración 4.40. Una vez asignada se confirma en aceptar, para que se termine de generar la orden de trabajo.

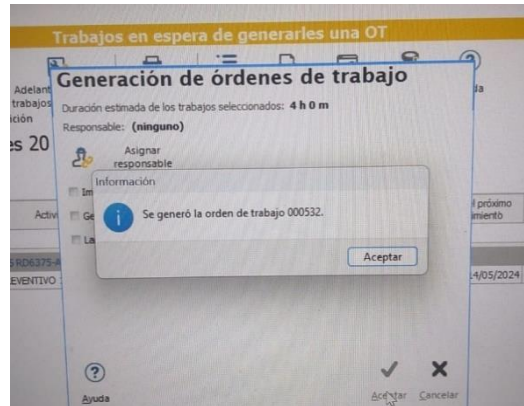


Ilustración 4. 40 Generación de OT.

Se regresa al menú principal como se muestra en la ilustración 4.41 y se ingresa a la ventana de “órdenes de trabajo”.

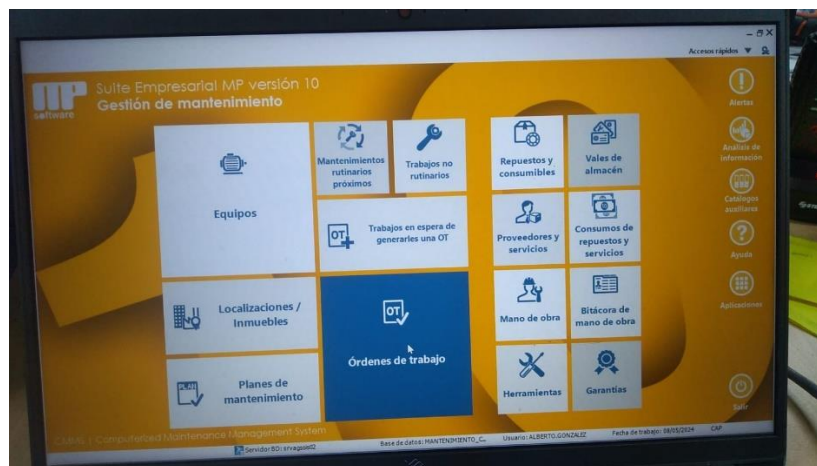
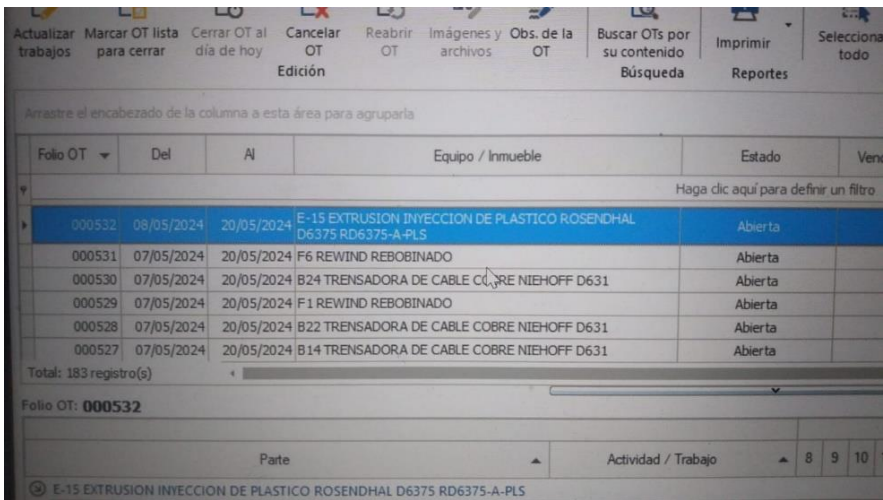


Ilustración 4. 41 Menú principal.

Como se observa en la ilustración 4.42 al ingresar aparecen todas las ordenes de trabajo que se van generando.



Folio OT	Del	Al	Equipo / Inmueble	Estado	Ver
000532	08/05/2024	20/05/2024	E-15 EXTRUSION INYECCION DE PLASTICO ROSENDHAL D6375 RD6375-A-PLS	Abierta	
000531	07/05/2024	20/05/2024	F6 REWIND REBOBINADO	Abierta	
000530	07/05/2024	20/05/2024	B24 TENSADORA DE CABLE COBRE NIEHOFF D631	Abierta	
000529	07/05/2024	20/05/2024	F1 REWIND REBOBINADO	Abierta	
000528	07/05/2024	20/05/2024	B22 TENSADORA DE CABLE COBRE NIEHOFF D631	Abierta	
000527	07/05/2024	20/05/2024	B14 TENSADORA DE CABLE COBRE NIEHOFF D631	Abierta	

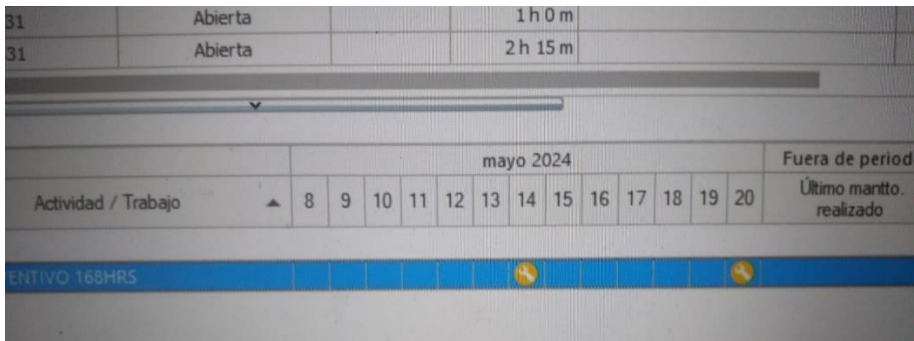
Total: 183 registro(s)

Folio OT: 000532

Parte	Actividad / Trabajo	8	9	10
E-15 EXTRUSION INYECCION DE PLASTICO ROSENDHAL D6375 RD6375-A-PLS				

Ilustración 4. 42 Ordenes de trabajo.

y al seleccionar alguna de ellas, se muestran las fechas que el software recomienda para la realización de los preventivos tal como se muestra en la imagen 4.43.



Actividad / Trabajo	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Fuera de periodo
PREVENTIVO 168HRS														Último manito realizado

Ilustración 4. 43 Días programados para preventivos.

Se hace lo mismo que se describió anteriormente, con cada una de las máquinas relacionadas con el proceso de producción de la planta, a las cuales se les aplicara la sistematización de preventivos.

Ejecución de mantenimientos preventivos.

Al dar de alta los planes de mantenimiento preventivo en el software MP, se realizó un calendario de preventivos en base a la información que arroja el software MP, controlando la carga de trabajo de los operadores durante el turno, la ilustración 4.44 muestra que el calendario se envió a personal de control de producción, así como a personal de ingeniería, para que contemple las horas y días de intervención, en su plan de trabajo. De esta manera se trabaja en conjunto con producción evitando afectar en su programación y con el departamento de ingeniería, haciéndole de su conocimiento.

CALENDARIO DE PREVENTIVOS

JA Jose Alberto Gonzalez Romero
Para: Victor Munoz Ruvalcaba
CC: Francisco Alejandro Puga Perez; Jose Nestor Gallegos Valenciano
Respondió a este mensaje el 06/03/2024 01:53 p. m.

Responder Responder a todos Reenviar

martes 05/03/2024 04:14 p. m.

BUENA TARDE!

Les comparto la planeación contemplada de los preventivos a realizar, si hubiera algún inconveniente o urgencia en la planeación contemplada, favor de sugerir algún cambio o día para la realización de este, una vez acordado se llevara a cabo y se entregaran con las firmas correspondientes.

MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DEL 5 AL 15 DE MARZO DEL 2024				
	MAQUINA	TURNO	TIEMPO	EQUIPO
martes, 5 de marzo de 2024	B01,B02,B06,B09,B10,B12,B55,B43,B03/B13,B15,B18,	DIA/NOCHE	1.5,1.5,2,2,1.5,2,1.5,2,2,2,1.5	EP, AMARILLO / VERDE
miércoles, 6 de marzo de 2024	B20,B22,B23,B25,B26,B29,B31,B32,/B33,B34,B35	DIA/NOCHE	1.5,5,3,2,3,5,2,1.5,/2,3,2	EP, AMARILLO / AZUL
jueves, 7 de marzo de 2024	B36,B37,B38,B39,B40,B42,/B46,B49,B50	DIA/NOCHE	2,1.5,2,1.5,2,2,2,1.5,2	EP, AMARILLO / AZUL
viernes, 8 de marzo de 2024	B51,B52,B53,B56,B58,B60,/ST1,ST2,ST3	DIA/NOCHE	2,2,1,2,1.5,1.5,1.5,1.5	EP VERDE / AZUL
sábado, 9 de marzo de 2024	SW1,SW2,SW3/SW4,SW5,SW6	DIA/NOCHE	1.5,1.5,1.5,/1.5,1.5,2	VERDE / AZUL
domingo, 10 de marzo de 2024	E5,E1	DIA/NOCHE	7,3	
lunes, 11 de marzo de 2024	E14,D1,/R1,D5	DIA/NOCHE	3,5,/3,2	EP, AMARILLO / VERDE
martes, 12 de marzo de 2024	E10,E11,/E12,MD1	DIA/NOCHE	2,2,/3,2,	EP, AMARILLO / VERDE
miércoles, 13 de marzo de 2024	E13,E2,E3/E4,E6,	DIA/NOCHE	3,3,2,/3,3,	EP, AMARILLO / AZUL
jueves, 14 de marzo de 2024	E7,E9,/MD2,D2,	DIA/NOCHE	4,3,/ 2,2,	EP, AMARILLO / AZUL
viernes, 15 de marzo de 2024	E8,D3/D4,	DIA/NOCHE	3,3,/3,	EP VERDE / AZUL

Ilustración 4. 44 Correo con calendario de preventivos.

Una vez enviado el correo, se recopilan las firmas del personal involucrado principalmente en los preventivos de la maquinaria, para que funja de evidencia y así llevar un mejor control.

Posteriormente se comienzan a realizar las actividades de mantenimiento preventivo, siguiendo el orden del calendario. Así mismo se les proporcionan los formatos nuevos, haciendo de su conocimiento previo de las modificaciones realizadas.

[illegible]

78

Terminar que las gomas del campo no estén desgastadas. Realizar cambio de ser necesario				
Paralelo				
Revisar y lubricar los rodillos guías del paralelo				
En una placa lima no grasa poner para apoyar el deslizamiento sobre de los baleros				
Revisar condición de la goma de succion de cable deslizando el dedo indice por la superficie				
Revisar fugas en el control neumático del paralelo y lubricar ambos				
Revisar de toda la herramienta en paralelo				
Braco de succion de dona				
Confirmar que la cadena no se encuentre floja				
Confirmar condición de relaciones y cantidad de succion que no tengan daños o fallen piezas				
Realice la limpieza de las guías de desplazamiento de braco				
Lubricar guías de braco debidamente				
Realice una prueba manual de que el braco cierre la brida de aire principal y confirme el deslizamiento sobre de braco de extremo a				
Revisar, en caso de encontrar atoramiento realice limpieza y engrase nuevamente hasta eliminar esa condición				
Confirmar que no haya desgaste en ninguna parte del ensamble				
Confirmar que el motor no presente calentamiento excesivo				
Revisar posición de posición de braco y confirmar que estén bien ajustados y no tengan daños				
Realizar limpieza en general en el motor de la color				
Revisar el funcionamiento de motor que mueve los brazos que no tenga ruido anormal y que su freno funcione correctamente				
FLUJADORA				
Revisar la condición de las bandas visualmente y revise tension entre poleas, ajustar en caso de ser necesario				
Revisar baleros del árbol de levas, grandicos manualmente para sentir la condición. Reemplazar baleros si es necesario				
Revisar condición de vacantes, cambio de ser necesario				
Revisar daños en la mesa giratoria parte superior que no tenga golpes o ralladuras				
Lubricar guías por donde pasa el faja con un trapo humedo de Dry-fine				
Revisar condición de relación y limpiar buriles para quitar material acumulado				
Revisar visualmente condición de todos los sensores de la posición. Reemplazar si se encuentra dañado				
Revisar paro de emergencia, activándolo y chequeando continuidad con multímetro (NOTA: Máquina apagada)				
Revisar panel del operador, que no tenga daños físicos en botones y estén funcionando correctamente				
Revisar cada uno de los rodillos de la banda transportadora que agarra, brancos y sin sonidos extraños				
Revisar sensor de posición de dona en flujadora que está funcionando y no tenga daños físicos				
Revisar sensor de puerta de flajadora que no tenga daños y funciones correctas mente				
Revisar debajo de mesa que el pistón neumático no cuente con fugas de aire				
SEGURIDAD: REVISAR SIGUIENTES PUNTOS CORTANDO ALIMENTACIÓN DE AIRE				
Confirmar superior de mesa que cuenta con cinta sellon, no golpes, no desgaste en diámetro exterior				
Revisar la sujeción de los sensores del pistón (mover manualmente pistón para confirmar su activación)				
Revisar cadena de giro que no cuente con atoramiento, y aplicar un poco de aceite a cadena				
Revisar sensor de posición de dona en flajadora que está funcionando y no tenga daños físicos				
Confirmar activando giro que se active de manera correcta y coloque el seguro de mesa adecuadamente				
SISTEMA DE VACIO DE PVC				
Revisar el motor y filtro de la bomba principal. Limpie la chamba colectora de polvos de PVC				
Realice la limpieza del deposito colector de succion de pvc				
Revisar filtro de colector de polvo, y limpie con aire para retirar exceso				
Sistema neumático				
Revisar presión del sistema neumático en manómetro (E1- 3.5 kg/cm ² y E2 E3- 5 kg/cm ²)				
Purgar RFL del sistema neumático en tapon de drenado del deposito de agua				
Revisar electro válvulas que estén en optimas condiciones y que no presenten fugas				
Revisar que no tenga fugas el sistema neumático				
Zona de enfriamiento Capitan				
Asegúrese de que haya buen flujo de agua saliendo de todas las bocanillas en los canales de agua del capitan.				
CANAL DE AGUA PARA ENFRIAR Y TANQUE DE AGUA FRIA				
Cambie el agua de enfriamiento y limpie el tanque				
Confirmar nivel de tanque que este lleno al maximo despues de la limpieza				
Reemplaza filtro wuata dentro de tanque de enfriamiento, esto en la divicion atrasa lima				
Asegúrese de que la bomba este lista y los filtros estén purgados cuando se relane el tanque.				
Asegúrese de que la bomba este lista y los filtros estén purgados cuando se relane el tanque.				
Revisar todas las áreas donde corre el alambre y asegúrese de que el alambre no se dañará cuando circula a través.				
Revisar la limpieza de boquillas de succion del sistema de vacio de los capitan				
Confirmar nivel de tanque que este lleno al maximo despues de la limpieza				
Limpie los filtros YEE de drenado y los filtros YEE de la bomba				
Revisar el flujo de agua en el primer canal de enfriamiento				
Cambiar filtro de tanque de enfriamiento asegúrese que el labero del tanque esta apagado				

Ilustración 4. 46 Plan de mantenimiento 168 hrs E12

Terminar				
Paralelo				
Revisar y lubricar los rodillos guías del paralelo				
En una placa lima no grasa poner para apoyar el deslizamiento sobre de los baleros				
Revisar condición de la goma de succion de cable deslizando el dedo indice por la superficie				
Revisar fugas en el control neumático del paralelo y lubricar ambos				
Revisar de toda la herramienta en paralelo				
Braco de succion de dona				
Confirmar que la cadena no se encuentre floja				
Confirmar condición de relaciones y cantidad de succion que no tengan daños o fallen piezas				
Realice la limpieza de las guías de desplazamiento de braco				
Lubricar guías de braco debidamente				
Realice una prueba manual de que el braco cierre la brida de aire principal y confirme el deslizamiento sobre de braco de extremo a				
Revisar, en caso de encontrar atoramiento realice limpieza y engrase nuevamente hasta eliminar esa condición				
Confirmar que no haya desgaste en ninguna parte del ensamble				
Confirmar que el motor no presente calentamiento excesivo				
Revisar posición de posición de braco y confirmar que estén bien ajustados y no tengan daños				
Realizar limpieza en general en el motor de la color				
Revisar el funcionamiento de motor que mueve los brazos que no tenga ruido anormal y que su freno funcione correctamente				
FLUJADORA				
Revisar la condición de las bandas visualmente y revise tension entre poleas, ajustar en caso de ser necesario				
Revisar baleros del árbol de levas, grandicos manualmente para sentir la condición. Reemplazar baleros si es necesario				
Revisar condición de vacantes, cambio de ser necesario				
Revisar daños en la mesa giratoria parte superior que no tenga golpes o ralladuras				
Lubricar guías por donde pasa el faja con un trapo humedo de Dry-fine				
Revisar condición de relación y limpiar buriles para quitar material acumulado				
Revisar visualmente condición de todos los sensores de la posición. Reemplazar si se encuentra dañado				
Revisar paro de emergencia, activándolo y chequeando continuidad con multímetro (NOTA: Máquina apagada)				
Revisar panel del operador, que no tenga daños físicos en botones y estén funcionando correctamente				
Revisar cada uno de los rodillos de la banda transportadora que agarra, brancos y sin sonidos extraños				
Revisar sensor de posición de dona en flajadora que está funcionando y no tenga daños físicos				
Revisar sensor de puerta de flajadora que no tenga daños y funciones correctas mente				
Revisar debajo de mesa que el pistón neumático no cuente con fugas de aire				
SEGURIDAD: REVISAR SIGUIENTES PUNTOS CORTANDO ALIMENTACIÓN DE AIRE				
Confirmar superior de mesa que cuenta con cinta sellon, no golpes, no desgaste en diámetro exterior				
Revisar la sujeción de los sensores del pistón (mover manualmente pistón para confirmar su activación)				
Revisar cadena de giro que no cuente con atoramiento, y aplicar un poco de aceite a cadena				
Revisar sensor de posición de dona en flajadora que está funcionando y no tenga daños físicos				
Confirmar activando giro que se active de manera correcta y coloque el seguro de mesa adecuadamente				
SISTEMA DE VACIO DE PVC				
Revisar el motor y filtro de la bomba principal. Limpie la chamba colectora de polvos de PVC				
Realice la limpieza del deposito colector de succion de pvc				
Revisar filtro de colector de polvo, y limpie con aire para retirar exceso				
Sistema neumático				
Revisar presión del sistema neumático en manómetro (E1- 3.5 kg/cm ² y E2 E3- 5 kg/cm ²)				
Purgar RFL del sistema neumático en tapon de drenado del deposito de agua				
Revisar electro válvulas que estén en optimas condiciones y que no presenten fugas				
Revisar que no tenga fugas el sistema neumático				
Zona de enfriamiento Capitan				
Asegúrese de que haya buen flujo de agua saliendo de todas las bocanillas en los canales de agua del capitan.				
CANAL DE AGUA PARA ENFRIAR Y TANQUE DE AGUA FRIA				
Cambie el agua de enfriamiento y limpie el tanque				
Confirmar nivel de tanque que este lleno al maximo despues de la limpieza				
Reemplaza filtro wuata dentro de tanque de enfriamiento, esto en la divicion atrasa lima				
Asegúrese de que la bomba este lista y los filtros estén purgados cuando se relane el tanque.				
Asegúrese de que la bomba este lista y los filtros estén purgados cuando se relane el tanque.				
Revisar todas las áreas donde corre el alambre y asegúrese de que el alambre no se dañará cuando circula a través.				
Revisar la limpieza de boquillas de succion del sistema de vacio de los capitan				
Confirmar nivel de tanque que este lleno al maximo despues de la limpieza				
Limpie los filtros YEE de drenado y los filtros YEE de la bomba				
Revisar el flujo de agua en el primer canal de enfriamiento				
Cambiar filtro de tanque de enfriamiento asegúrese que el labero del tanque esta apagado				

Ilustración 4. 47 Plan de mantenimiento 168 hrs E12

Una vez concluido el mantenimiento preventivo se deben confirmar los resultados del mismo. Y por consecuente actualizar la información en el software, es decir, se deben de cerrar las ordenes de trabajo que se concluyeron:

La ilustración 4.48 muestra el menú principal del software, se selecciona en la ventana de “ordenes de trabajo”.



Ilustración 4. 48 Menú principal MP.

Al ingresar se desplegará la ventana que se muestra en la ilustración 4.49, donde se seleccionara el estatus de las ordenes de trabajo que se quieren revisar, así como la semana en la que se realizaron los trabajos de mantenimiento preventivo.

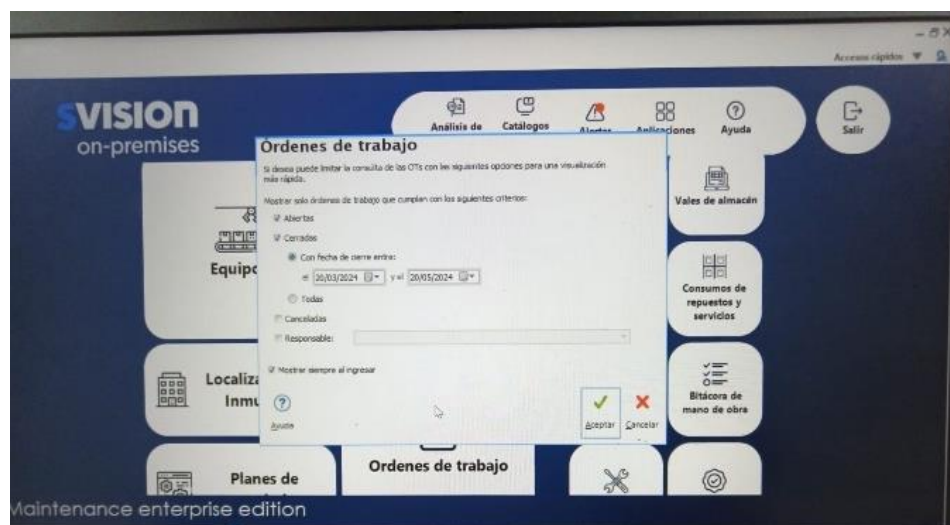


Ilustración 4. 49 Ordenes de trabajo.

Al aceptar se ingresará al listado de todas las ordenes de trabajo previamente programadas, y se seleccionará, una a una, aquellas que se desee dar por concluidas. La ilustración 4.50 muestra la lista de ordenes de trabajos generados y la selección de una de ellas.

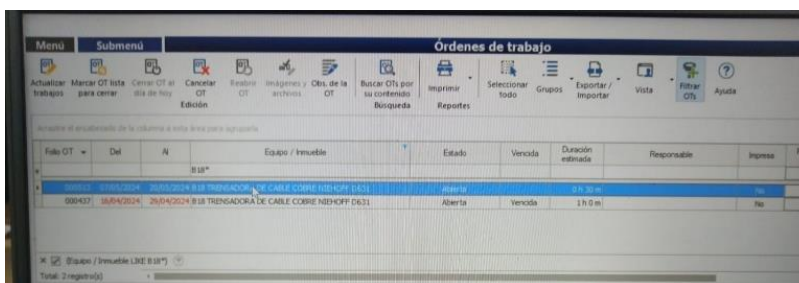


Ilustración 4. 50 Ordenes de trabajo.

Al seleccionar la orden de trabajo por cerrar aparecerán los trabajos programados para la máquina, como se observa en la ilustración 4.51 se seleccionará aquellos que se hayan concluido, poniendo una palomita en el día que se realizaron y se les dará clic en OT lista para cerrar.

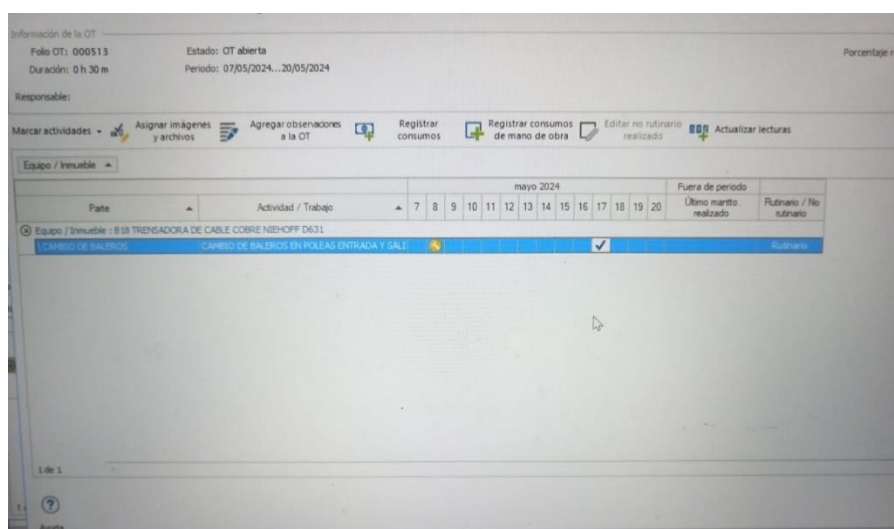


Ilustración 4. 51 OT por cerrar.

Al cerrar la orden de trabajo de manera correcta, como muestra la ilustración 4.52, el software pedirá que se ingrese la nueva lectura del contador, es decir, las horas maquina en las que se realizó el preventivo, las cuales vienen registradas en los documentos de plan de mantenimiento preventivo.

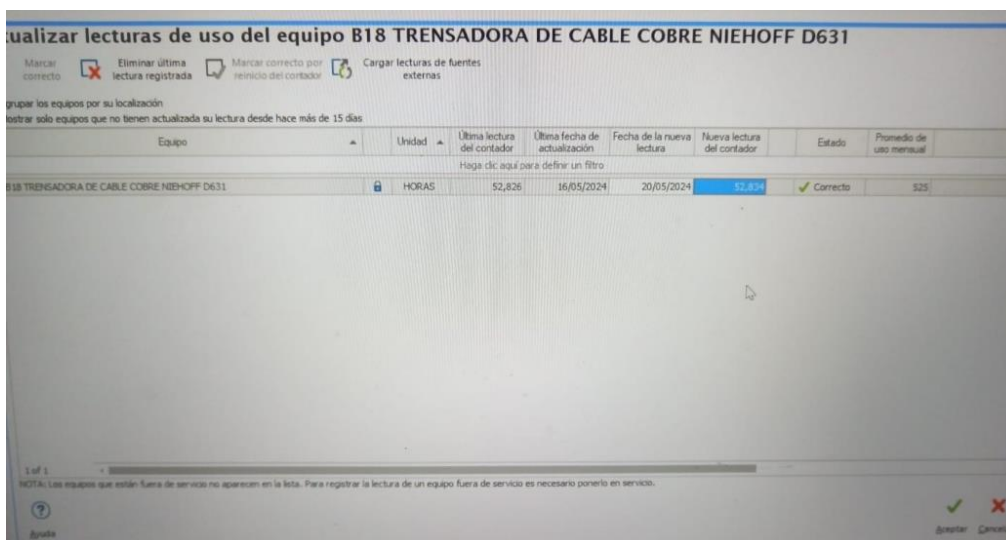


Ilustración 4. 52 Actualizar lecturas de usos del equipo.

Al aceptar la orden de trabajo quedara cerrada y las horas ingresadas serán las que definan el siguiente preventivo programado de la misma frecuencia.

Como último paso se deben actualizar las lecturas de uso del equipo, esta acción se debe realizar semanalmente, ya que la frecuencia mínima de inspección que se estará manejando para los trabajos de mantenimiento preventivo es a las 168 horas de trabajo de las maquinas.

Las lecturas se deben actualizar para que el software se actualice y arroje los nuevos planes de trabajo de mantenimiento preventivo.

La ilustración 4.53 muestra el menú principal del software y en la parte superior se dará clic en la pestaña accesos rápidos, seleccionando la opción de actualizar lecturas de uso.

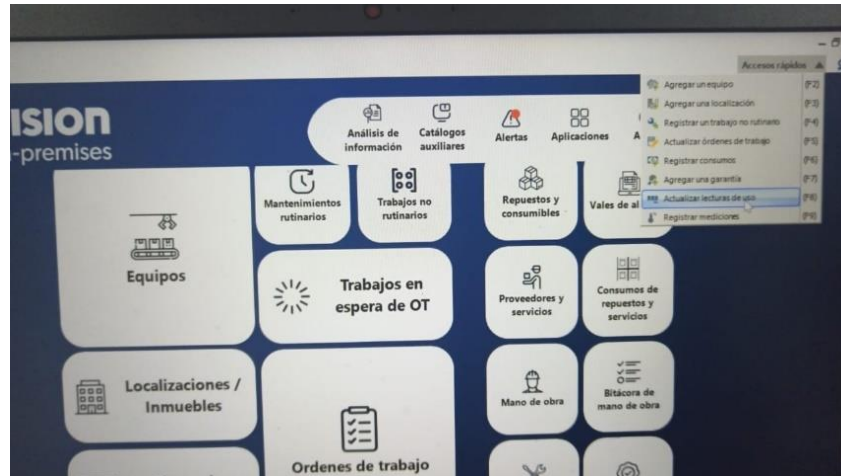


Ilustración 4. 53 Menú principal software.

Al seleccionar se desplegará la lista de las máquinas que ya se dieron de alta en la base de datos del software, se ingresa a actualizar lecturas múltiples y aparecerá una ventana como muestra la ilustración 4.54, donde el software en automático ingresa la fecha en la que se actualizan las horas, y solo se procede a ingresar las horas actualizadas, tomadas del registro diario, que se realiza todos los días para conocer la eficiencia de las maquinas, del cual ya se mencionó anteriormente.

Actualizar lecturas de uso de los equipos seleccionados

Eliminar última lectura registrada | Marcar correcto por registro del contador | Cargar lecturas de fuentes externas

Equipos por su localización
Equipos que no tienen actualizada su lectura desde hace más de 15 días

Equipo	Unidad	Última lectura del contador	Última fecha de actualización	Fecha de la nueva lectura	Nueva lectura del contador	Estado	Promedio de uso mensual
ADORA DE CABLE COBRE NEMOFF D631	HORAS	9,564	29/04/2024	16/05/2024			830
ADORA DE CABLE COBRE NEMOFF D631	HORAS	58,170	29/04/2024	16/05/2024			240
ADORA DE CABLE COBRE NEMOFF D632	HORAS	31,926	07/05/2024	16/05/2024			180
ADORA DE CABLE COBRE NEMOFF D631	HORAS	872	29/04/2024	16/05/2024			1
ADORA DE CABLE COBRE NEMOFF D630	HORAS	121,884	29/04/2024	16/05/2024			930
ADORA DE CABLE COBRE NEMOFF D630	HORAS	102,862	29/04/2024	16/05/2024			12
SUSION INSPECCION DE PLASTICO ROSENHEIM D6375 RD6375-4-PLS	HORAS	218	08/05/2024	16/05/2024	211	✓ Correcto	940

Equipos que están fuera de servicio no aparecen en la lista. Para registrar la lectura de un equipo fuera de servicio es necesario ponerlo en servicio.

Aplicar | Cancelar

Ilustración 4. 54 Actualizar lecturas de uso.

La ilustración 4.55 muestra el documento, del cual se tomarán las horas de trabajo, para actualizar las lecturas del software.

CONTROL DE HORAS SEMANALES									
2024	14/05/2024		15/05/2024		16/05/2024		17/05/2024		18/05/2024
	NOMINA: 106938		NOMINA: 106938		NOMINA: 106938		NOMINA: 106938		NOMINA: 106938
HORAS DE TRABAJO	MAQUINAS	HORAS DE TRABAJO	MAQUINAS	HORAS DE TRABAJO	MAQUINAS	HORAS DE TRABAJO	MAQUINAS	HORAS DE TRABAJO	MAQUINAS
	RM	37596	RM	37619	RM	37638	RM		RM
	M1	15475	M1	15500	M1	15523	M1		M1
	M2	7188	M2	7194	M2	7201	M2		M2
	D1	49523	D1	49539	D1	49547	D1		D1
	D2	17682	D2	17700	D2	17717	D2		D2
	D3	5574	D3	5590	D3	5604	D3		D3
	D4	29881	D4	29896	D4	29912	D4		D4
	D5	35301	D5	35313	D5	35320	D5		D5
	B01	100973	B01	100973	B01	101012	B01		B01
	B02	77737	B02	77750	B02	77762	B02		B02
	B03	838	B03	854	B03	869	B03		B03
	B04	7203	B04	7225	B04	7248	B04		B04
	B05	51986	B05	52003	B05	52024	B05		B05
	B06	76346	B06	76362	B06	76385	B06		B06
	B07	111345	B07	111345	B07	111345	B07		B07

Ilustración 4. 55 Control de horas semanales (Elaboración propia).

Una vez actualizadas las horas de maquina se da aceptar y se regresa al menú principal, para comenzar a realizar ordenes de trabajo nuevamente. Y así programar, ejecutar, cerrar y verificar los trabajos de mantenimiento preventivo.

Es importante mencionar que los documentos realizados, plan de mantenimiento preventivo, así como las requisiciones de trabajo, se deben revisar, que se encuentren llenados correctamente y sin errores, y una vez confirmados se deben de conservar como requisito de las normas de calidad, por tal motivo se designó un lugar fijo para resguardarlas, la ilustración 4.56 muestra que se les asigno una carpeta a cada tipo de formato.



Ilustración 4. 56 Carpeta de Requisiciones (Elaboración propia).

La ilustración muestra que se archivaron de manera ordenada separando los formatos por máquina.



Ilustración 4. 57 Separaciones de carpetas (Elaboración propia).

Así mismo la ilustración 4.58 muestra que también se llevó un control dentro de las carpetas, separando los formatos por el tipo de frecuencia y ordenado con fecha de manera ascendente.

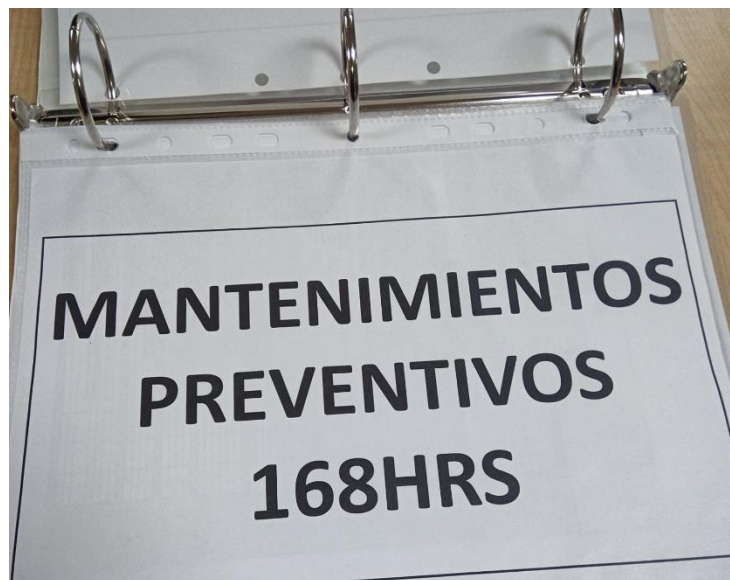


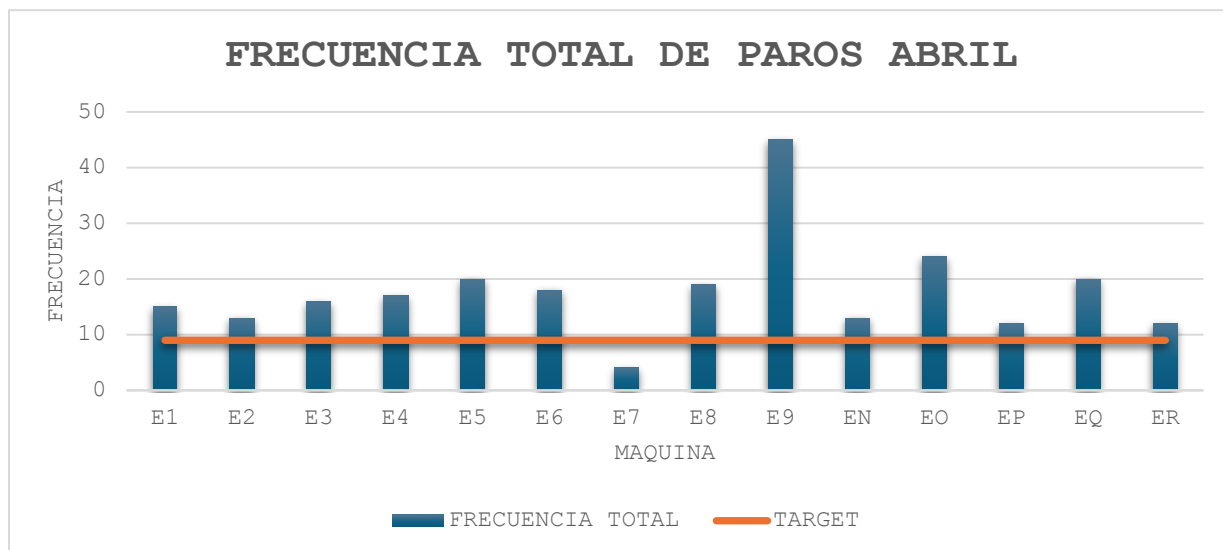
Ilustración 4. 58 Carpeta de planes de Mantenimiento (Elaboración propia).

VERIFICAR

Análisis de resultados y seguimiento al control de mantenimientos preventivos.

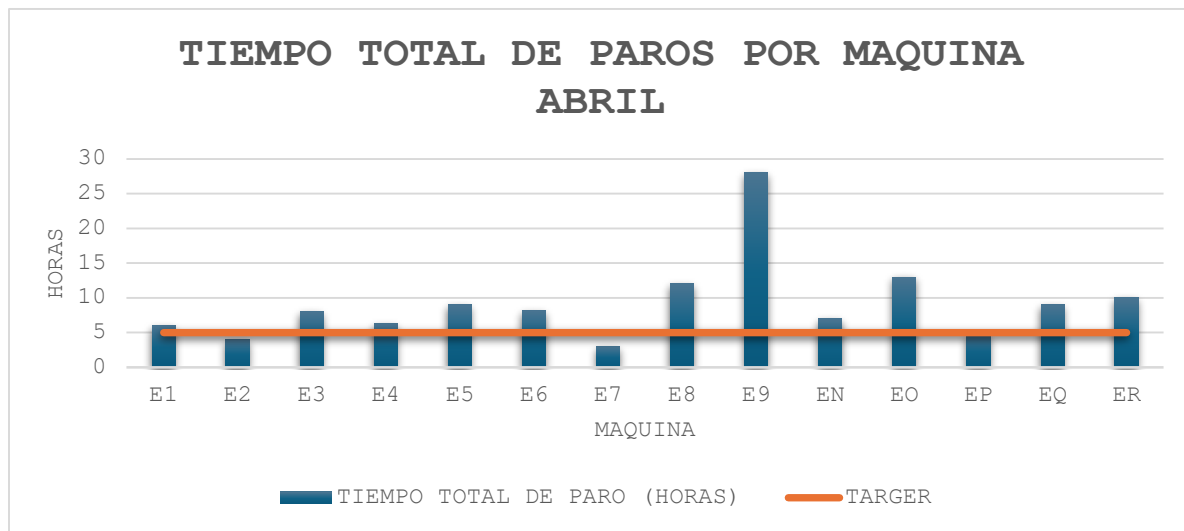
Una vez capturada la información, se puede analizar gráficamente los resultados reflejados en las maquinas. Como se observa en el grafico 4.4 si existe una disminución en la frecuencia de paros en el mes de abril, sin embargo, la maquina E9 en especial se mantiene generando paros de máquina, por lo que requiere ser investigada, para que no afecte en los resultados esperados en el mes de mayo.

Gráfico 4. 4 Frecuencia total de paros por máquina (Elaboración propia).



El grafico 4.5 también muestra una disminución en la cantidad de horas de paro por mantenimiento, sin embargo, la extrusora E9, sigue presentando paros de maquina por tiempos prolongados. Por tal motivo se debe priorizar en la extrusora E9, para trabajar con dicha maquina e investigar, para lograr minimizar sus tiempos de inactividad productiva y las apariciones tan frecuentes de fallas de máquina.

Gráfico 4. 5 Tiempo total de paros por máquina (Elaboración propia).



Las fallas de maquina como se pudo observar han disminuido, el plan de mantenimiento está funcionando de manera correcta, sin embargo, las maquinas ya presentan fallas rezagadas que se deben ir resolviendo a base de un estudio más específico.

Se comenzará a realizar dicho estudio con la máquina de mayor prioridad, que en este caso es la Extrusora 9, ya que en ambas graficas encabeza la afectación de la producción, entre las demás maquinas.

ACTUAR

Se realizo un estudio de las fallas más frecuentes, gracias al registro de requisiciones es más fácil darles seguimiento a las fallas que se presentan durante los turnos de trabajo. Por tal razón el ciclo de Deming se vuelve a implementar, específicamente priorizando en la maquina con mayor afectación.

Análisis y seguimiento de fallas por medio de PDCA.

Plan.

La tabla 4.2 muestra las actividades a realizar en el periodo de un mes aproximadamente, de abril a mayo.

Tabla 4. 2 Diagrama de Gantt (Elaboración propia).

ABRIL-MAYO 2024					
ACTIVIDADES	12 AL 18	19 AL 25	26 AL 02	03 AL 09	10 AL 16
Identificar maquina con mayor afectación.	■				
Definir la problemática por investigar.		■			
Clasificar posibles causas.		■			
Proponer y definir solución.			■		
Ejecutar las soluciones.				■	
Evaluar resultados.					■

En la ilustración 4.59 se puede observar la máquina que tiene mayor prioridad en cuanto a mayores frecuencias de fallas. Como se observa la maquina con mayor afectación a la producción es la Extrusora 9.

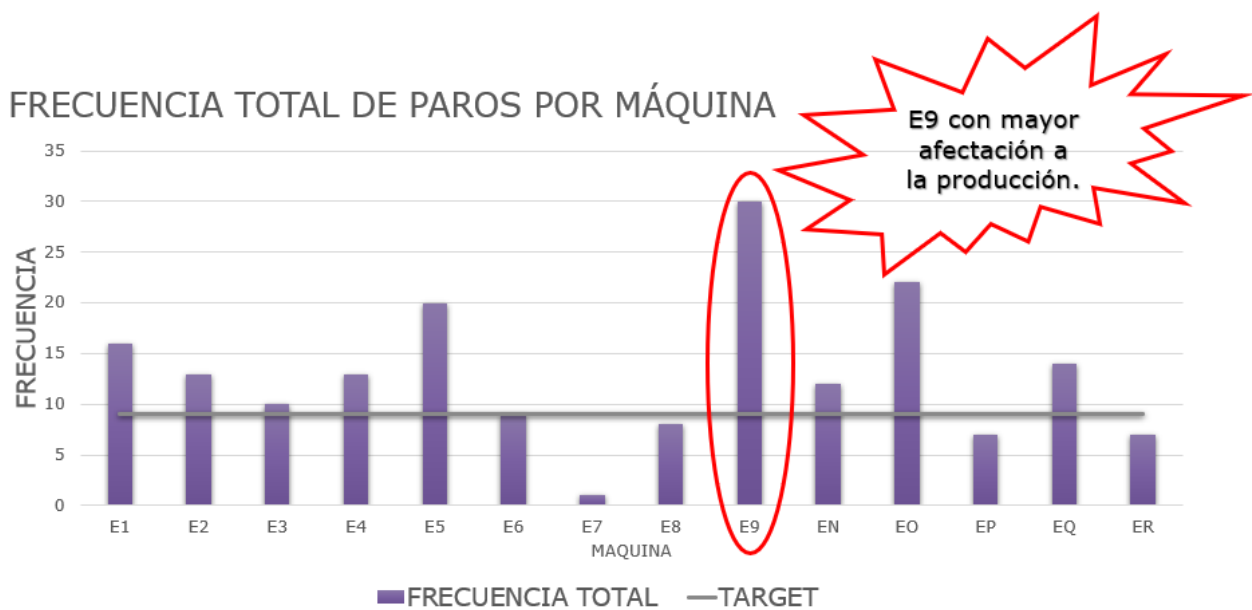


Ilustración 4. 59 Maquina con mayor frecuencia (Elaboración propia).

Al detectar la maquina con mayor prioridad se procede a analizar las fallas que con mayor frecuencia se presentan. El gráfico 4.6 muestra que la falla más repetitiva es en la sección del NPS. Así mismo se observa en la ilustración 4.60 la sección del NPS.

Gráfico 4. 6 NPS sección con mayor frecuencia de paros (Elaboración propia).

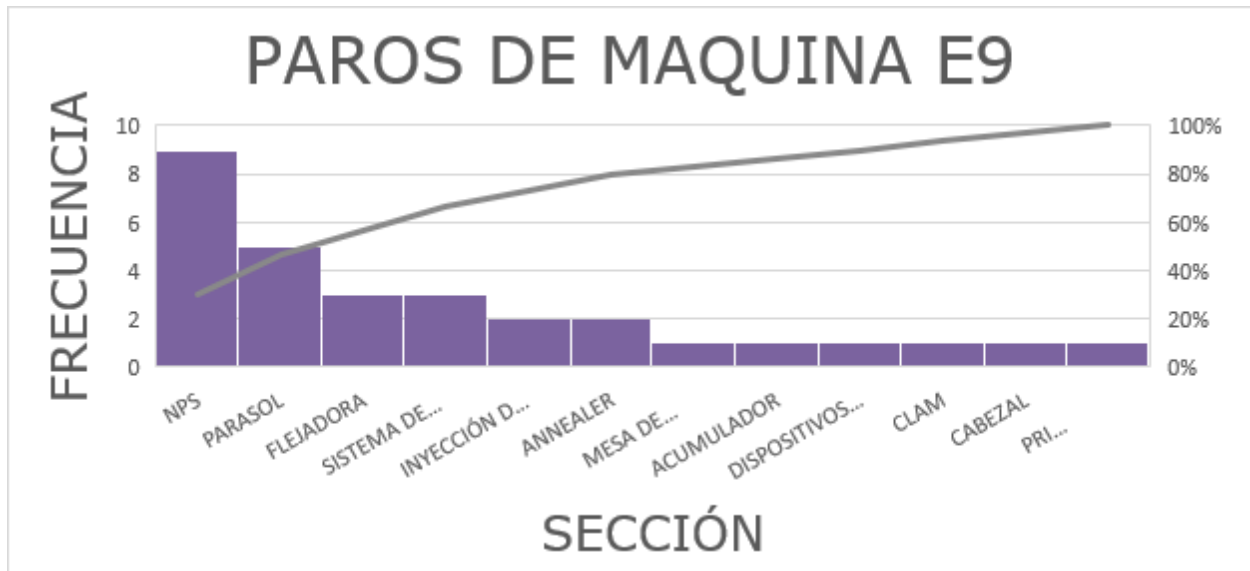


Ilustración 4. 60 Sección NPS.

Al conocer la sección con mayores fallas, se comienza a filtrar las fallas registradas en esa sección de la máquina. La ilustración 4.61 presenta la falla más repetitiva, la cual es que el NPS se sale de su ciclo de trabajo, es decir, que no regresa a su inicio u origen de trabajo.

MAQUIN	SECCIÓN	TIEMPO DE PAF	FRECUENCIA	PROBLEMA	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN.
E9	NPS	70	1	PUERTA DE NPS NO SUBE	AL abrir puerta se tarda.	Se confirma presión de aire y se encontro baja. Se restablecen compresores. Se confirma la apertura de la puerta en automatico.
E9	NPS	25	1	NPS FUERA DE CICLO	Brazos de NPS no abren.	Se restablece NPC. Se pone en ciclo ya que operador salto un paso en maquina.
E9	NPS	15	1	NPS FUERA DE CICLO	Mesa gira pero no se queda en posición. NPS no se queda en ciclo.	Se restablece ciclo por roptura NPC.
E9	NPS	160	1	NPS FUERA DE CICLO	Poner en condición la mesa de los NPS ya que se pasaba sola el NPS	Inicialmente no realiza corte los NPS, se detecto cable en las navajas, se retira y ahora maquina no termina el ciclo, la mesa no quedaba en posición, se checaron sensores y las posibles causas, hasta que se detecto que el freno no se activaba, se checa en manual y luego en fisico, se reaprietan terminales y funciona correctamente.
E9	NPS	10	1	ALARMA DEL PILIS	Tenia alarma de pilis no dejaba restablecer maquina.	Se restablece NPS pues tenia el pilis alarmado por un paro de emergencia activado, queda OK.
E9	NPS	14	1	CICLO EN NPS	Se sale de ciclo NPS.	Se apoya a restablecer ciclo de NPS ya que mesa giratoria estaba fuera de ciclo.
E9	NPS	8	1	MAQUINA NO ARRANCA	NO DEJO RESTABLECER CABINA DE DE NPS	Se revisa y se encuentra mala operación de operador de nuevo ingreso, no tenia los pasos correctos en el NPS.
E9	NPS	5	1	SE BAJO GUARDA DE NPS	Problema con guarda de cabina de NPS	Se regula presión neumatica ya que la que tenia no era suficientes, despues de esto queda OK.
E9	NPS	5	1	NPS FUERA DE CICLO	NPS Queda fuera de ciclo	Se apoya a restablecer ciclo en NPS.

Ilustración 4. 61 Filtro de sección NPS (Elaboración propia).

Así mismo se observa en la tabla 4.3 el análisis de las causas por medio de la metodología de los 5'PORQUE, arrojando como causa raíz, que el NPS se encuentra trabajando con un solo pistón neumático.

Tabla 4. 3 Análisis 5'POR QUÉ (Elaboración propia).

PROBLEMA	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?
NPS fuera de ciclo.	Porque no alcanza a regresar el NPS a su origen.	Porque avanza muy despacio.	Porque la presión de aire comprimido no es el necesario.	Porque la maquina cuenta solo con un pistón neumático funcionando, cuando deberían de ser dos.	Porque el pistón neumático derecho dejo de funcionar, por fin de ciclo de vida.

Hacer.

Se identifica el número de parte del pistón neumático que se necesita y se realiza una requisición de compra, ya que el pistón pertenece a una de las maquinas que llegaron del paso Texas y por esa razón, este pistón no se tenía contemplado en los inventarios del almacén de refacciones. La ilustración 4.62 muestra el correo que se envió a la encargada del almacén de refacciones, para dar inicio con la requisición de compra.

Requisición de material.

Para Carmen Quezada.

Requisición de material.

Hola Carmen, buen dia.

Puedes por favor cotizar la compra del siguiente pistón neumático, es de la E9, del NPS.



Gracias, quedo al tanto.

Saludos.

Ilustración 4. 62 Requisición de compra de refacción.

La ilustración 4.63 muestra el aviso de parte de la encargada del personal del almacén de refacciones, donde da a conocer por medio de un grupo de trabajo, la llegada del pistón neumático.

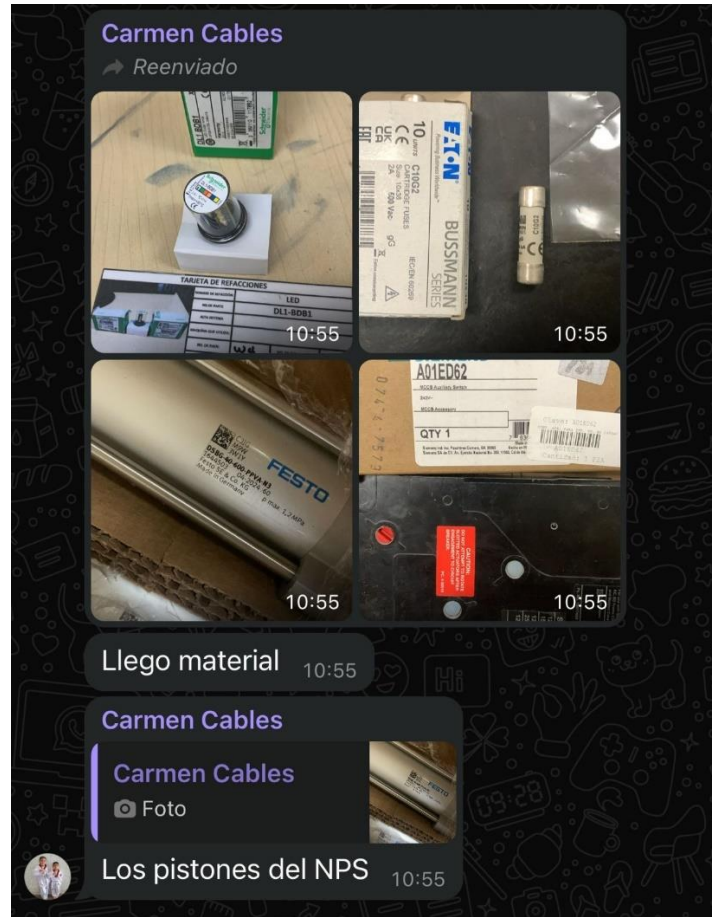


Ilustración 4. 63 Recepción de pistón neumático.

Al llegar el pistón neumático al almacén de refacciones, se realizó la requisición de trabajo tal como se observa en la ilustración 4.64, para que personal de mantenimiento reemplazará el pistón neumático dañado por el pistón neumático nuevo.

FORMATO DE REQUISICIÓN DE REPARACIÓN															
Nº 16015															
<table border="1" style="float: right; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 2px;">CONFIDENCIAL</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Código</td> <td style="padding: 2px;">MA-FO-019</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Revisión</td> <td style="padding: 2px;">3</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Actualización</td> <td style="padding: 2px;">12-abr-18</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Responsable</td> <td style="padding: 2px;">Mantenimiento</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Retención</td> <td style="padding: 2px;">3 años</td> </tr> </table>				CONFIDENCIAL		Código	MA-FO-019	Revisión	3	Actualización	12-abr-18	Responsable	Mantenimiento	Retención	3 años
CONFIDENCIAL															
Código	MA-FO-019														
Revisión	3														
Actualización	12-abr-18														
Responsable	Mantenimiento														
Retención	3 años														
No. De Reporte de Reparación (20)															
Máquina: Extrusora 9	Problema: Reemplazar Pistón de NPS.	Fecha: 9-05-24													
Producción (líder): Alejandra Polet M.M. Descripción: Aprovechar primer paro de máquina durante el turno, para reemplazar el pistón neumático Alejandra Polet M.M. dando por el nuevo. Firma de producción en conformidad															
Hora de paro: 3:10 pm	Hora de arranque: 4:10 pm	Tiempo de paro: 1 hr.	Hrs. de la máquina: 1916												
Mantenimiento (líder): Luis Sauxedo Lucio. Acción: Se retiró pistón derecho del NPS porque estaba dañado y se reemplaza por el nuevo.															
Resultado: Ok.															
Inicia reparación: 3:10 pm	Término reparación: 3:50 pm	Tiempo de paro por mantenimiento: 40 min.													
Supervisor (Mantto):															
Confirmación de resultados: Funcionando Ok.															
Acción por Supervisor:															

Ilustración 4. 64 Requisición de instalación de pistón de NPS.

Verificar.

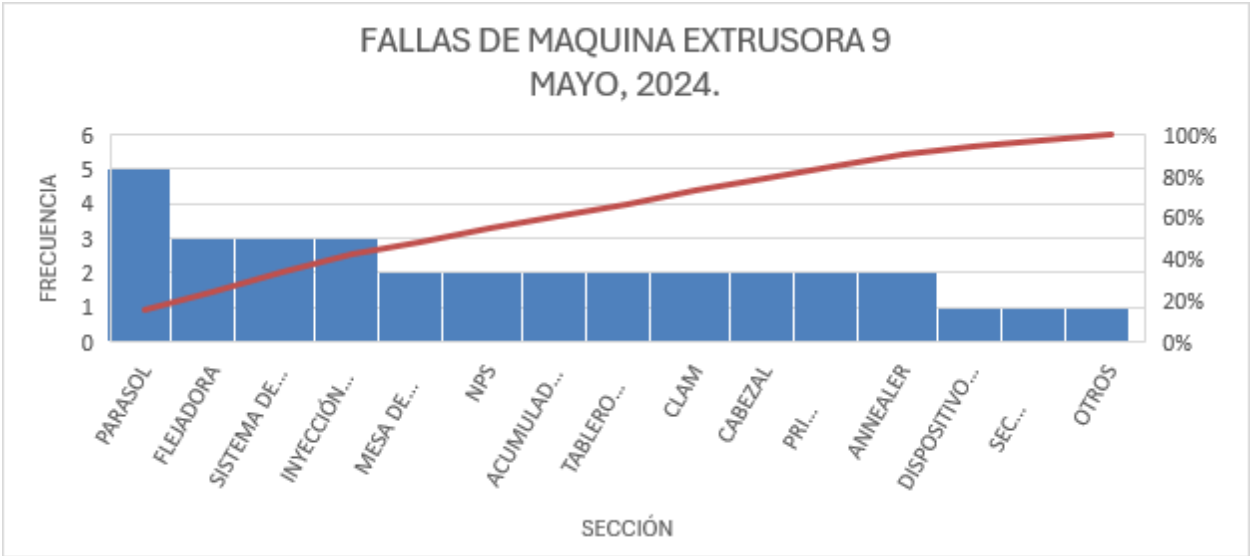
En la ilustración 4.65 se puede observar la puerta del NPS ya con el nuevo pistón neumático instalado, el cual se encuentra funcionando correctamente.



Ilustración 4. 65 Puerta NPS.

En la grafico 4.7 se observa como las fallas del NPS disminuyeron. Lo que demuestra que las técnicas utilizadas dieron resultados exitosos.

Gráfico 4. 7 Fallas de maquina Extrusora 9 (Elaboración propia).



Actuar.

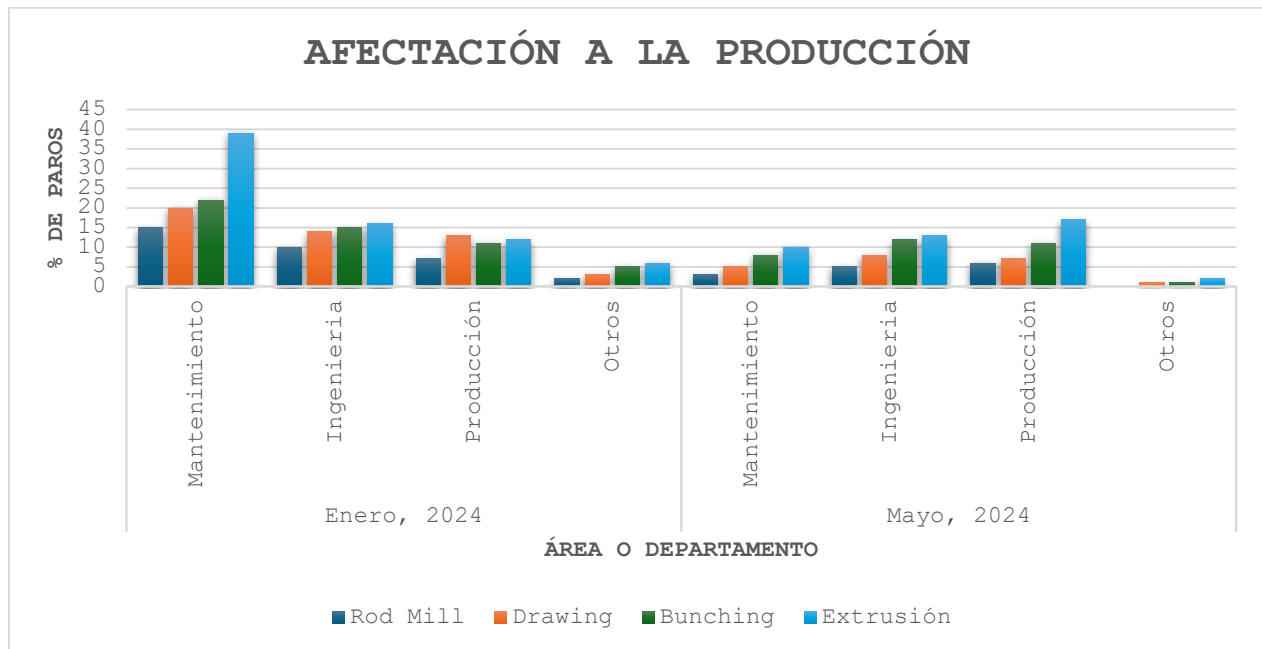
En base a los resultados obtenidos, se debe continuar atacando fallas, de esta manera se seguirá mejorando continuamente la condición de las máquinas y por consecuente, el departamento de mantenimiento mejorará, obteniendo resultados beneficiosos para la planta, de esta manera los procesos serán más eficientes y la empresa se mantendrá competitiva en el mercado, cubriendo en tiempo y forma con las expectativas del cliente.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

Al desarrollar la sistematización de los mantenimientos preventivos de la planta, se realizaron los planes de trabajo de mantenimiento preventivo acorde a lo sistematizado, obteniendo los resultados satisfactorios.

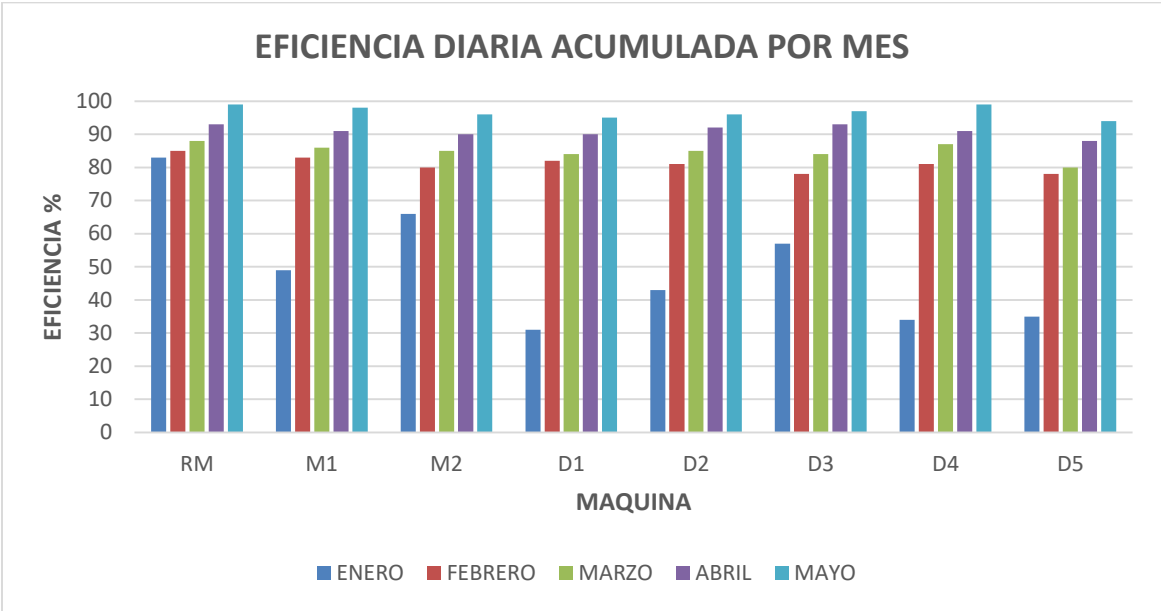
En el gráfico 5.1 se puede observar como el departamento de mantenimiento dejo de ser el departamento que mayormente afectaba a la producción, puesto que en el mes de enero era el departamento que encabezaba como área con mayor afectación a la producción. El porcentaje de paros de maquina disminuyo más del 50 % en cada uno de los procesos de la producción del cable en el periodo de enero a mayo.

Gráfico 5. 1 Porcentaje de paros de maquina por área (Elaboración propia).



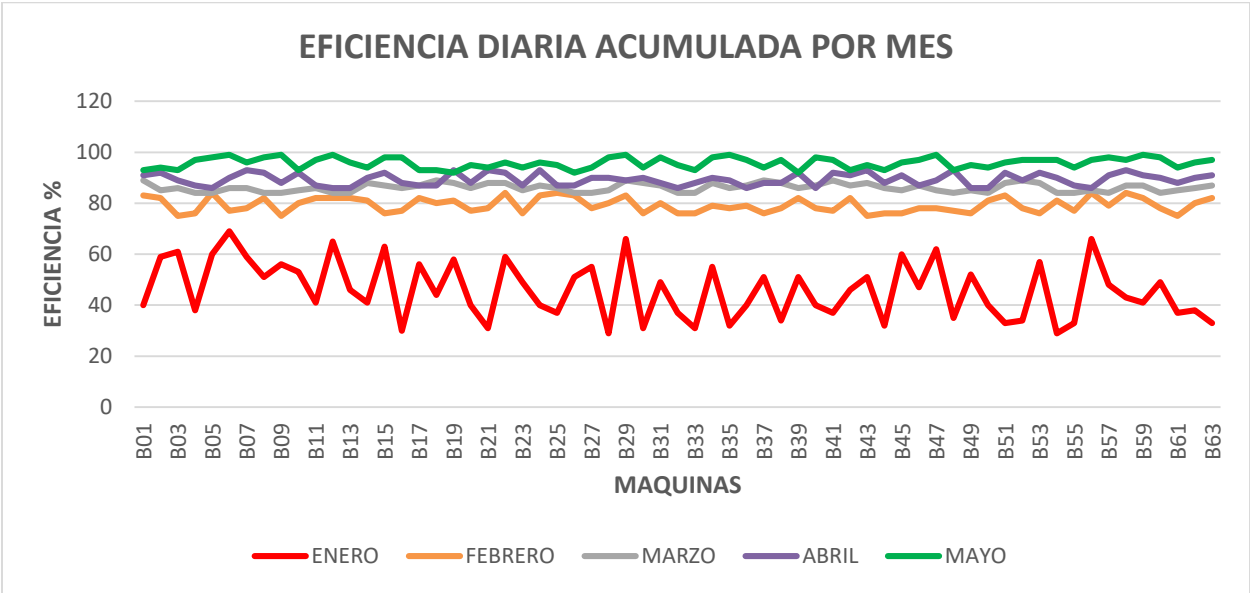
El grafico 5.2 muestra cómo se logró maximizar la eficiencia de las maquinas del proceso de elongación de cobre, presentando cómo se comportan los resultados en los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo, en las máquinas de Rod mil, Medium Draw y Drawing.

Gráfico 5. 2 Eficiencia en máquinas de elongación de cobre (Elaboración propia).



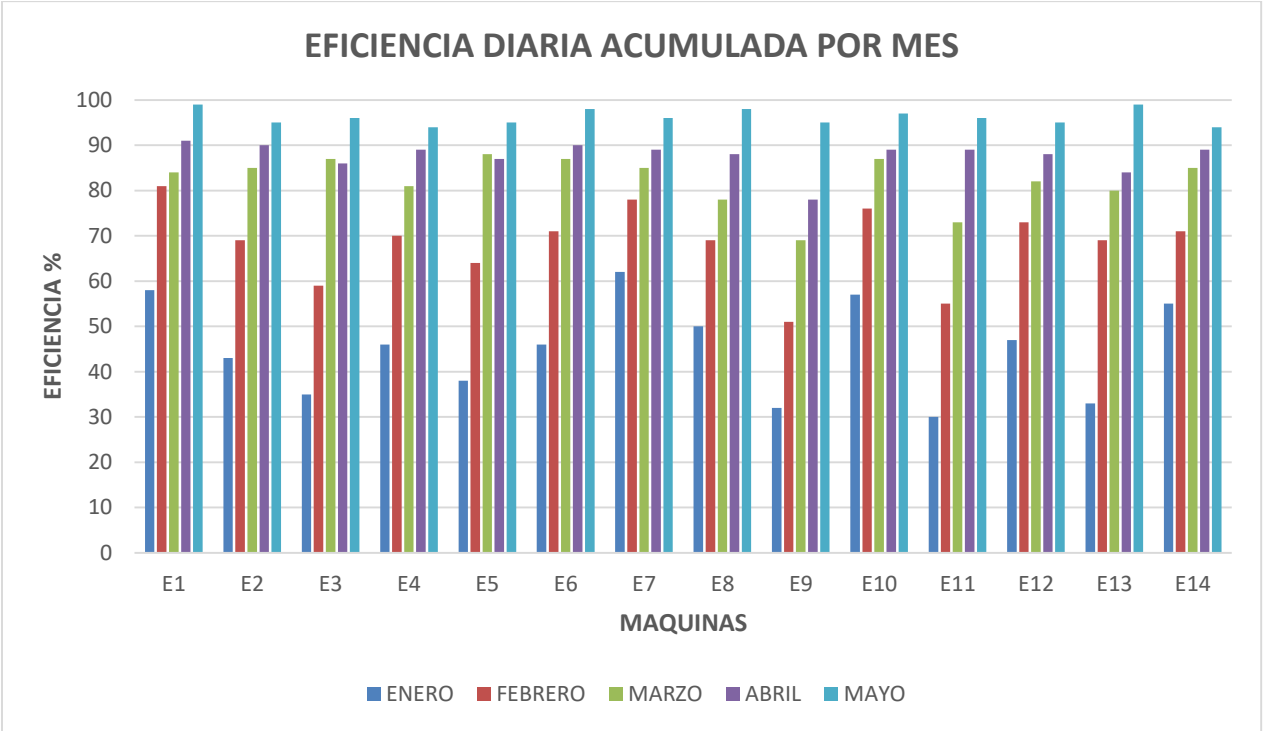
Así mismo se ostentan las eficiencias del proceso de trenzado de cobre, para cada una de las máquinas de Bunching. En el transcurso de enero a mayo, se logró maximizar entre un 50% de la eficiencia de las máquinas, tal como se observa en el grafico 5.3 las máquinas muestran aumento en su eficiencia acumulada mensual.

Gráfico 5. 3 Eficiencia en máquinas de trenzado de cobre (Elaboración propia).



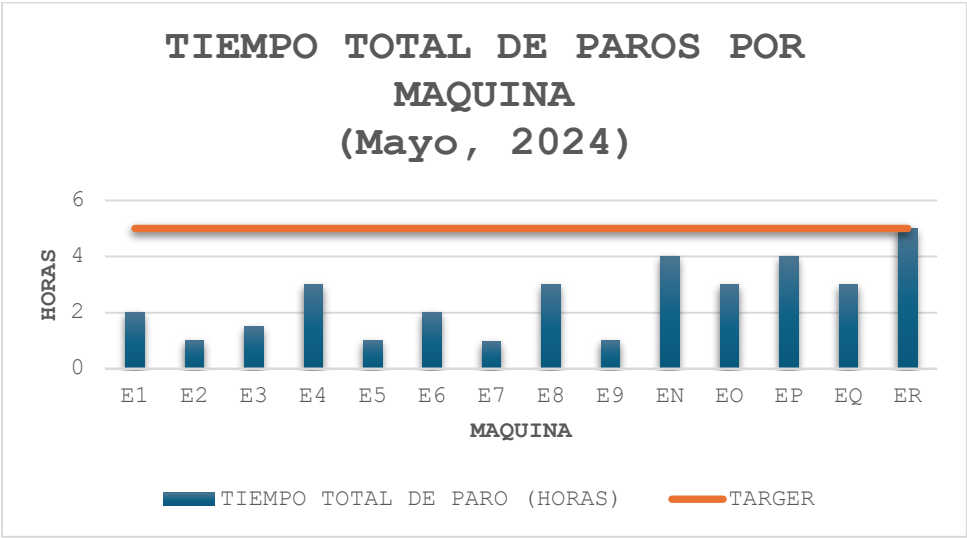
El grafico 5.4 muestra cómo se maximizo la eficiencia en el proceso de inyección de PVC. Se puede analizar cómo se comportan los resultados entre los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo en cada una de las máquinas de extrusión.

Gráfico 5. 4 Eficiencia en máquinas de inyección de PVC (Elaboración propia).



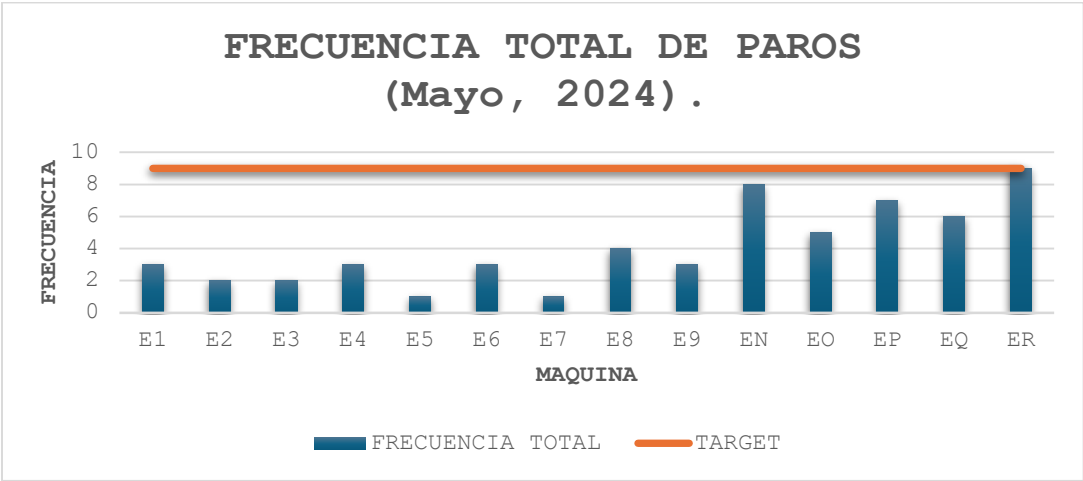
El grafico 5.5 muestra cómo se logró minimizar el tiempo de paro de las máquinas de extrusión, en el proceso de inyección de PVC, analizando los resultados del mes de mayo, se puede observar que se cumplió con el objetivo de 5 horas de paro por mes como máximo.

Gráfico 5. 5 Tiempo total de paros por maquina extrusión (Elaboración propia).



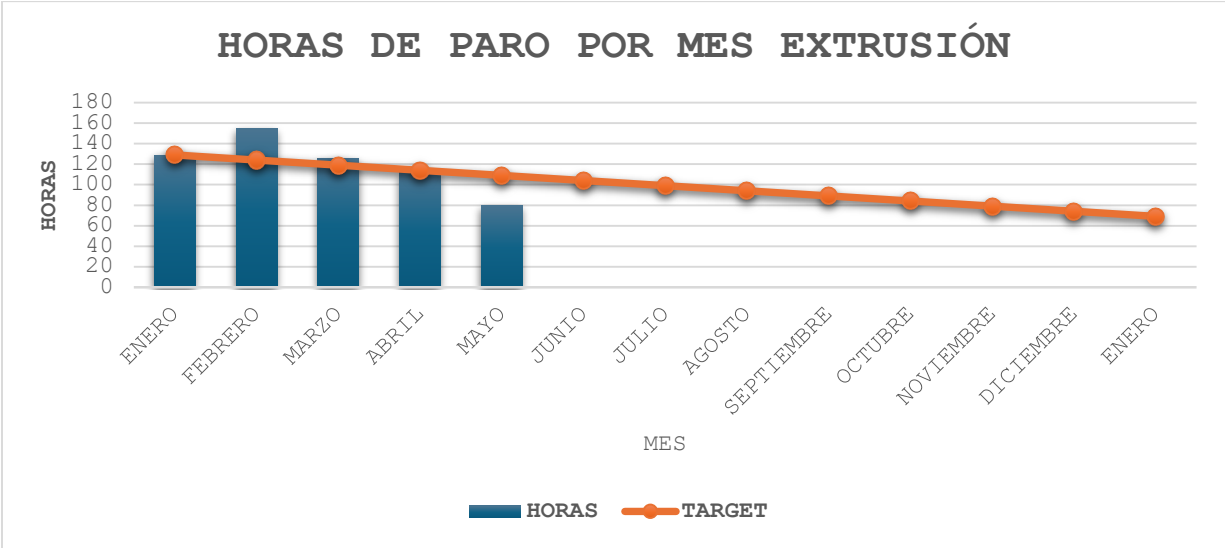
De igual forma se logró minimizar la frecuencia total de paros por maquina en el proceso de inyección de PVC, logrando cumplir el objetivo planteado de 9 frecuencias de paros por mes como máximo, en cada una de las máquinas de extrusión, tal como se observa en el grafico 5.6 se analizan los resultados del mes de mayo.

Gráfico 5. 6 Frecuencia total de paros Extrusión (Elaboración propia).



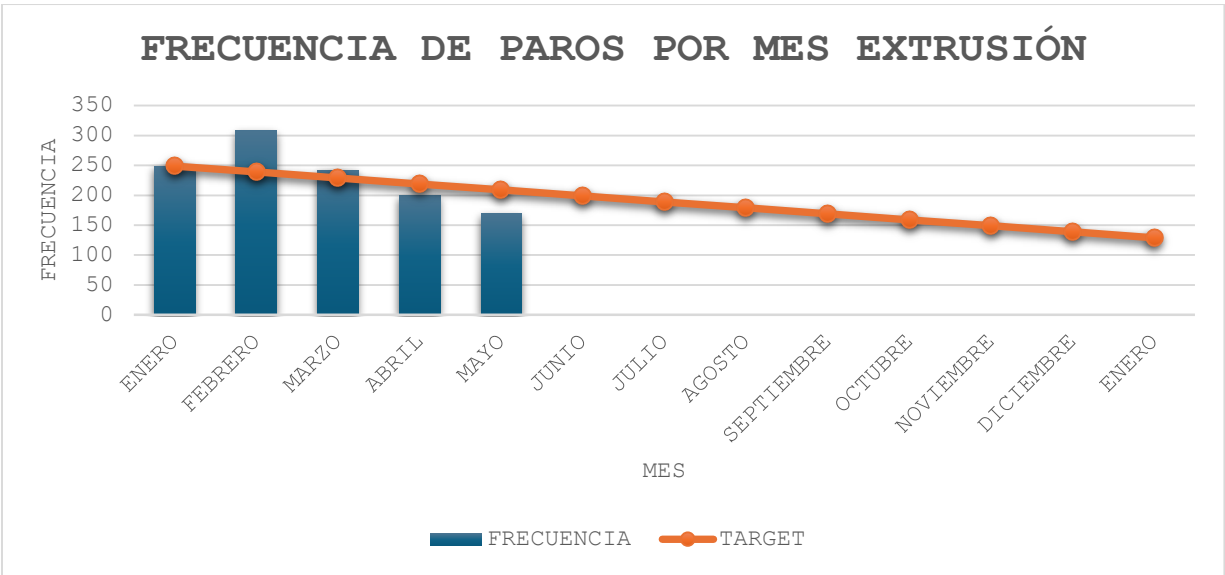
En el grafico 5.7 se puede observar cómo las horas máquina de paro en el área de extrusión, han disminuido, entre los meses de marzo, abril y mayo. Cumpliendo así con el objetivo planteado anteriormente.

Gráfico 5. 7 Real-objetivo de horas de paro por mes (Elaboración propia).



Los resultados también se ven reflejados, al minimizar la cantidad de frecuencias de paro en las máquinas de extrusión, el grafico 5.8 muestra cómo se comportaron los resultados, en los meses enero, febrero, marzo, abril y mayo.

Gráfico 5. 8 Real-objetivo de frecuencia de paro por mes (Elaboración propia).



En la ilustración 5.1 se pueden observar los mantenimientos preventivos, programados para el mes de mayo, de tal manera se evidencia que se le está dando el seguimiento adecuado, basado en la sistematización de los mantenimientos preventivos.

Mantenimientos Preventivos Obtenidos por el Software MP.

Máquinas requeridas para realizar el mantenimiento correspondiente a las horas trabajadas.

MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DEL 22 AL 31 DE MAYO DEL 2024				
	MAQUINA	TURNO	TIEMPO	EQUIPO
miércoles, 22 de mayo de 2024	E6,D5	DIA	5,5	PREV.
jueves, 23 de mayo de 2024	E5,D1	DIA	5,5	PREV.
viernes, 24 de mayo de 2024	E0,D2	DIA	5,5	PREV.
sábado, 25 de mayo de 2024	S11,B11,B27/EN,D4	DIA/NOCHE	5,5	AMARILLO/AZUL/VERDE
domingo, 26 de mayo de 2024	SW2,B2,B4,B6,B8,B9,B10/B14,B15,B16	DIA/NOCHE	2,2,2,2,2,2	PREV. AMARILLO/ VERDE
lunes, 27 de mayo de 2024	F11,B11,B12,B13	DIA	5,2,2,2	PREV.
martes, 28 de mayo de 2024	D3,E1	DIA	7,5	PREV.
miércoles, 29 de mayo de 2024	E8,M1	DIA	5,5	PREV.
jueves, 30 de mayo de 2024	M7,B17,D2	DIA	5,2,2	PREV.
viernes, 31 de mayo de 2024	E7,SW1,B01	DIA	5,2,2	PREV.

D-5: REALIZACION DE PREVENTIVOS 168,360,720 en los cuales se confirma la funcionalidad de sensores de ruptura y guardas de seguridad, revisión condición de bandas de motores y engrasado de estos, limpieza de filtros "Y", correcto funcionamiento de sistema de refrigeración, (de no hacer la revisión periódica de estos se incrementa la probabilidad de fallas de temperatura, daño en motores por falta de lubricación, daño de bandas por la no detección temprana de grietas o daños.)

MD1 y MD2 : REALIZACION DE PREVENTIVOS 168,360,720

EXTRUCCION GENERAL: REALIZACION DE PREVENTIVOS 168,360,720,840 en los cuales se realiza limpieza de tanques en zona de enfriamiento así como la confirmación de funcionalidad de dispositivos de seguridad, limpieza y reemplazo de filtros "Y" revisión de calentadores y temporizadores, sensores en gárganta y lavas de PVC y color chip, revisión de bandas y lubricación de motores así como los sistemas de ventilación en tableros eléctricos. (De no ser revisados periódicamente incrementa la posibilidad de situaciones de polvo en tableros eléctricos así como chispas por conductividad de suciedad, incremento de temperatura en componentes electrónicos y cortos circuitos.)

[Firmas]
CONTROL DE PRODUCCION SV DE MANTENIMIENTO PRODUCCION GERENCIA

Ilustración 5. 1 Programa autorizado mayo.

Por último, en la ilustración 5.2 se observa el equipo de trabajo, con el cual se estuvo implementando el desarrollo de la sistematización del mantenimiento preventivo.



Ilustración 5. 2 Equipo de trabajo mantenimiento.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

El mantenimiento preventivo es una parte integral para el cumplimiento de la producción y por consiguiente para el funcionamiento y la competitividad de la empresa.

Gracias a la ejecución de este proyecto las averías de las máquinas han disminuido dándoles un seguimiento a las causas y a las posibles acciones de mejora, así mismo la eficiencia y la disponibilidad de las máquinas aumentaron, las anomalías no se eliminaron al 100%, puesto que las partes que conforman las máquinas tienen su ciclo de vida, sin embargo si se puede controlar este tipo de situaciones, realizando un preventivo oportuno y correctamente programado para todas y cada una de las máquinas. Es por eso que se realizó el inventario físico para que ninguna máquina del proceso de producción, quedara fuera del programa de mantenimiento preventivo y de la misma manera al contabilizar las horas de funcionamiento de las máquinas por medio de la instalación de horómetros, su ritmo de trabajo es mejor controlado, para implementar las frecuencias de inspecciones de preventivos.

Este proyecto demuestra que la estandarización del mantenimiento preventivo puede mejorar la eficiencia operativa de las máquinas, reducir frecuencias de paro de máquina y minimizar tiempos de inactividad de la maquinaria.

Al identificar cada una de las máquinas por medio de inventarios físicos, al contabilizar sus horas de trabajo por medio de horómetros en máquina, al usar un formato conveniente para realizar los trabajos de preventivo, al establecer frecuencias estándar para inspecciones de mantenimiento, al habilitar el software MP y darle seguimiento a la programación de preventivos, se promueve la consistencia y la fiabilidad en el mantenimiento de equipos, lo que a su vez contribuye a la prolongación de la vida útil de los activos y a una mejor planificación de recursos.

CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS

13.COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS.

Durante mi estancia en la empresa, aplique y desarrolle actividades directas de Mantenimiento, cumpliendo estándares tanto de mantenimiento como de producción, calidad y seguridad, con la finalidad de cubrir justo a tiempo con los requerimientos del cliente y sobre todo otorgándoles la confianza de que el cable elaborado en “Planta Cables”, el cual llevan los arneses de sus automóviles, están hechos con calidad, en maquinaria confiable y funcional.

Investigue, analice y aplique las estrategias proactivas del mantenimiento productivo total comprendiendo las metodologías usadas para hacer eficiente el proceso de producción industrial.

Aplique habilidades blandas y duras, para tomar decisiones en forma efectiva, permitiendo desenvolverme de una manera eficiente y confiable, lo que me dio la libertad de implementar un Kaizen dentro de la empresa, obteniendo resultados medibles y verídicos.

Aplique métodos cuantitativos y cualitativos, para analizar e interpretar los datos arrojados en cada una de mis actividades, de esta manera identifique oportunidades de mejora para lograr sistematizar el mantenimiento preventivo, y así mismo analice un amplio campo de oportunidad para aplicar el circulo PDCA dentro del departamento de mantenimiento.

Gestione eficientemente los recursos con los que el departamento de mantenimiento ya contaba, documente el sistema de mantenimiento preventivo conforme a los lineamientos de las normas internacionales ISO 9001, con el fin de fortalecer el departamento, en la parte del control de documentos auditables.

Utilice nuevas tecnologías, para programar las frecuencias de trabajo de mantenimiento preventivo, lo cual me permitió llevar un control eficaz y un seguimiento eficiente en la sistematización de los preventivos a través del software MP, con el que ya contaba la empresa, sin embargo, no lo habían habilitado.

Aplique métodos, técnicas y herramientas para inventariar la maquinaria y darles seguimiento correcto a las fallas que presentan, analizándolas con una visión estratégica.

Conocí el proceso administrativo y aplique estratégicamente en el mantenimiento industrial de la empresa al sistematizar un sistema de mantenimiento.

Actúe como agente de cambio para facilitar la mejora continua y el desempeño del departamento de mantenimiento, al cumplir con los objetivos planteados se motiva al trabajo en equipo y a permanecer trabajando en mejora continua en conjunto con las demás áreas de la planta.

CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN

15. FUENTES DE INFORMACIÓN.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aguaiza Loja, J. E. (19 de Abril de 2016). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la planta de producción de la empresa electrificaciones del Ecuador S.A “Elecdor”*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15299>
- Almomani, M., Abdelhadi, A., & Sei, H. (19 de Octubre de 2012). *Planificación del mantenimiento preventivo con tecnología de grupo: un estudio de caso en Arab Potash Company, Jordania*. Obtenido de <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13552511211281624/full/html>
- Cassady, C., & Kutanogl, E. (30 de Mayo de 2005). *Integración de la planificación del mantenimiento preventivo y la programación de la producción para una sola máquina*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0951832014000118?via%3Dihub>
- Castillo Pineda, L. (12 de Mayo de 2019). *El modelo Deming (PHVA) como estrategia competitiva para realzar el potencial administrativo*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/34875>
- Changuán González, C. E., & Caisa Pandi, D. P. (2021 de Agosto de 2021). *Sistematización del mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la Empresa Equipments & Services 3R Cía. Ltda. ciudad Francisco de Orellana, utilizando la metodología de mantenimiento centrado en la fiabilidad*. Obtenido de Sistematización del mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la Empresa Equipments & Services 3R Cía. Ltda. ciudad Francisco de Orellana, utilizando la metodología de mantenimiento centrado en la fiabilidad: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15003>

- Check lisListas de chequeo: ¿Qué es un checklist y cómo usarlo?* (s.f.). Obtenido de PDCA Home: <https://www.pdcahome.com/check-list/>
- Cubillos Cubillos, A., & Garcia Perez, J. (1993). *Diseño, ejecución y sistematización de un programa de mantenimiento preventivo para una empresa de artes gráficas*. Obtenido de <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/c6aa3e8c-d7a0-4617-8863-44a16296b66d/content>
- Doostparast, M., Kolahan, F., & Doostparast, M. (31 de Mayo de 2014). *Un enfoque basado en la fiabilidad para optimizar la programación del mantenimiento preventivo para sistemas coherentes*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0951832014000118>
- ECORFAN. (28 de Noviembre de 2018). Obtenido de https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Industrial/vol2num6/Revista_de_Ingenier%C3%ADa_Industrial_V2_N6_1.pdf
- Ensore Jr, E. E. (1983). Dynamic scheduling of a preventive maintenance programme. *THE INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 21(3), 357-368.
- Franco Baltazar, A. A., Becerra Rodríguez, M. B., Hernández Hernández, A., López Navarro, I. E., & Zea Pérez, J. M. (20 de Diciembre de 2021). *Manual para la aplicación de la norma IATF 16949-2016 en departamentos de producción y mantenimiento*. Obtenido de EDUCATECONCIENCIA: <https://doi.org/10.58299/edu.v29i33.457>
- García Palencia, O. (1998). *La esencia del mantenimiento productivo total*. Obtenido de La esencia del mantenimiento productivo total: <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1298>
- Guaylla Quishpi, D. M., & Yuquilema Heredia, C. A. (22 de Diciembre de 2021). *Sistematización del mantenimiento preventivo de la Empresa Balanceados EXIBAL; sucursal Chambo, aplicando la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Obtenido de Sistematización del mantenimiento preventivo de la Empresa Balanceados EXIBAL; sucursal Chambo, aplicando la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16158>

- Leal, C. M. (21 de Noviembre de 2021). *de la Cruz Leal, C. M. (2021). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para maquinaria y equipo mediante el uso del software Limble CMMS para empresa del sector agrícola (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala)*. Obtenido de de la Cruz Leal, C. M. (2021). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para maquinaria y equipo mediante el uso del software Limble CMMS para empresa del sector agrícola (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/16377>
- Leitón Moya, O. (2015). *Diseño de un plan de mantenimiento productivo total (TPM) enfocado en el mantenimiento preventivo, mantenimiento autónomo y la eficiencia general de equipos (OEE) para los equipos más críticos de la planta FAS*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/2238/6107>
- Meana Coalla, P. P. (01 de Marzo de 2017). *Gestión de inventarios*. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=MI5IDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=inventarios&ots=6xsaqtxol0&sig=hofgOJtkZLSBmaMqNBG_jWycutQ#v=onepage&q=inventarios&f=false
- Nourelfath, M., Chahir Fitouhi, M., & Machani, M. (12 de Agosto de 2010). *Un modelo integrado para la planificación de la producción y el mantenimiento preventivo en sistemas multiestatales*. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5546967/authors#authors>
- Ortiz Iles, E. S. (09 de Octubre de 2020). *Mantenimiento del sistema de gestión de calidad, en la nueva versión de la norma ISO 9001*. Obtenido de <http://red.uao.edu.co//handle/10614/12631>
- Pérez Rondón, F. A. (26 de Marzo de 2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/33276>
- Pinzón, C. (2023). *TIPOS DE MANTENIMIENTO*. Obtenido de TIPOS DE MANTENIMIENTO: <https://cmmsHERE.com/wp-content/uploads/2023/01/art-CMMSHERE-tipos-mantenimiento.pdf>
- Raouf, A. y. (2013). *APLICACIÓN DEL CICLO DE DEMING O PDCA PARA LA GESTIÓN*. Obtenido de <https://desarrolloestrategico.udec.cl/wp-content/uploads/2021/01/DDD-N-4-Ciclo-Deming.pdf>

- Ríos Román, V. H. (2014). *Sistematización de la planeación del mantenimiento de una flota de vehículos de pasajeros*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11059/4618>
- Ulusoy, G. O. (1992). Design and implementation of a maintenance planning and control system. *International Journal of Production Economics*, 24, 263-272.
- Yeison Andres Atehortua Tapias, J. H. (24 de Agosto de 2010). *KAIZEN: UN CASO DE ESTUDIO*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249011.pdf>

14.ANEXOS.