



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO EN EQUIPOS DE PRODUCCIÓN**

**TITULACIÓN INTEGRAL
INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**PRESENTA:
ANA KARINA BAEZ MARTINEZ**

**NOMBRE DEL ASESOR:
OSCAR MARÍN BAUTISTA**



APIZACO, TLAX., NOVIEMBRE 2025



Tzompantepec, Tlaxcala, **13/octubre/2025**

Oficio No. MM-633/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	ANA KARINA BAEZ MARTÍNEZ
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	20370764
Nombre del Proyecto:	"IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS DE PRODUCCIÓN".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA

OSCAR MARÍN BAUTISTA
ASESOR

c.p.- Archivo.
JAV*petry.



2025
Año de
La Mujer
Indígena





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala **07/noviembre/2025**

BAEZ MARTINEZ ANA KARINA
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 20370764.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS DE PRODUCCIÓN**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastado, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



ccp. Archivo

CYAL/rrc



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

A mis padres.

A mis padres Santiago Báez González y Roberta Martinez Muñoz, quienes me apoyaron en todo momento, por su comprensión, aliento, consejos, sacrificio y amor infinito, permitiéndome seguir adelante incluso en los momentos más difíciles, gracias por creer en mi incluso en los momentos que yo dudé, llegando a una de las etapas más importantes de mi vida profesional

A Dios

A Dios, quiero expresarle mi más profundo agradecimiento, por brindarme fortaleza y nunca rendirme a los desafíos que se me presentaron durante esta etapa, por iluminar mi camino con sabiduría.

A mis hermanos

A mis hermanos por su apoyo constante, cariño y sus palabras de ánimo que me han impulsado a seguir adelante.

A mis maestros

A mis maestros quienes, con paciencia, dedicación me han guiado a lo largo de mi camino universitario. Gracias por compartir no solo sus conocimientos, sino también su entusiasmo por la enseñanza

A Alejandro Cervantes Nava mi pareja por estar a mi lado, brindarme su apoyo incondicional, comprensión, paciencia y motivación constante, elementos que fueron fundamentales e impulsaron a no rendirme en las dificultades a lo largo del camino de esta etapa.

A mi asesor, Oscar Marín, agradezco su paciencia al resolver mis dudas, orientación, compromiso y disponibilidad.

CONTENIDO

RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN	5
EMPRESA	6
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN	6
ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA	8
PROBLEMÁTICA.....	10
PROBLEMÁTICA A RESOLVER	10
OBJETIVOS	10
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
JUSTIFICACIÓN	11
MARCO TEÓRICO.....	12
1.1 INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO	12
1.2 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	13
1.3 MANTENIMIENTO	14
1.4 MISIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	16
1.5 PAPEL DEL MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA	17
1.6 TIPOS DE MANTENIMIENTO	18
1.6.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	18
1.6.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	19
1.6.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	21
1.6.4 MANTENIMIENTO TPM	29
1.6.5 MANTENIMIENTO RCM.....	31
1.7 INDICADORES KPIS.....	33
1.8 ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA	34
1.8.1 TIPOS DE AMEF	35
1.8.2 ETAPAS DE DESARROLLO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA AMEF.....	36
1.8.3 INDICÉ DE PRIORIDAD DE RIESGOS (NPR)	37
1.9 DEFINICIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO	39
1.9.1 PASOS DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO.....	39
1.10 INTRODUCCIÓN A LA MACRO DE EXCEL.....	39
2. PROCEDIMIENTO O DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES	41
2.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN	41
2.2 BÚSQUEDA Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE LOS EQUIPOS	49
2.3 REVISIÓN Y ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO, FORMATOS Y REGISTROS	53
2.4 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS CON EL MÉTODO AMEF	54
2.5 ELABORACIÓN DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y FICHAS TÉCNICAS	58
2.6 OPTIMIZACIÓN Y MEJORA DE FORMATOS	59
2.7 DISEÑO DEL PROGRAMA EN EXCEL.....	60
2.8 CAPACITACIÓN AL PERSONAL DEL USO DEL PROGRAMA.....	60
3. ANALISIS DE RESULTADOS.....	60
3.1 DISEÑO DE UNA MACRO PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN EXCEL	60
4. CONCLUSIONES.....	72
4.1 EXPERIENCIA PERSONAL ADQUIRIDA.....	72
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

INDICE DE FIGURAS

FIG. 1 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA	8
FIG. 2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE RAVASA.....	9
FIG. 3 ESQUEMA DEL CONCEPTO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	15
FIG. 4 REGISTRO DE UN ANÁLISIS VIBRACIONES EN UN CICLO DE TRABAJO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO ...	23
FIG. 5 CÁMARA TERMOGRÁFICA CON SENSOR ÓPTICO INFRARROJO	24
FIG. 6 BOROSCOPIO PARA OBSERVAR EL INTERIOR DE LOS COMPONENTES	24
FIG. 7 PRUEBA DE ANÁLISIS DE ACEITE	25
FIG. 8 ECÓGRAFO PARA ANÁLISIS DE ULTRASONIDO	26
FIG. 9 ANÁLISIS DE COMBUSTIÓN	27
FIG. 10 MEDIDOR DE ESPESOR ULTRASÓNICO	27
FIG. 11 MÉTODO DE ENSAYO NO DESTRUCTIVO	28
FIG. 12 TÉCNICA DE ENSAYO NO DESTRUCTIVO	28
FIG. 13 ETAPAS DE LA METODOLOGÍA AMEF.....	36
FIG. 14 ACTIVACIÓN DE PROGRAMADOR EN EXCEL	40
FIG. 15 ENGRAPADORA MANUAL	42
FIG. 16 MÁQUINA HOJEADORA " LINER"	42
FIG. 17 PROCESO DE CORTE PAPEL KRAFT	43
FIG. 18 IMPRESORA FLEXOGRÁFICA.....	44
FIG. 19 COLOCACIÓN DE RANURAS EN EL TAMBOR DE SUAJE	45
FIG. 20 PRE- RAYADORES Y RAYADORES.....	45
FIG. 21 CORE ROLL Y RODILLOS DE IMPRESIÓN.....	46
FIG. 22 MESA DE TRABAJO DE LA FLEXO	46
FIG. 23 MÁQUINA RAYADORA	48
FIG. 24 PEGADORA MANUAL	49
FIG. 25 CODIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS	50
FIG. 26 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO.....	53
FIG. 27 INTEGRACIÓN DEL PDCA	58
FIG. 28 INTERFAZ DEL PROGRAMA	61
FIG. 29 FRAGMENTO DEL CÓDIGO DE FORMULARIO DE LA ORDEN	63
FIG. 30 FORMULARIO DE LA ORDEN DE TRABAJO	63
FIG. 31 ORDEN DE TRABAJO CORRECTIVA ANTES.....	64
FIG. 32 ORDEN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DESPUÉS.....	64
FIG. 33 FORMULARIO DE REQUISICIÓN DE MATERIAL	65
FIG. 34 FRAGMENTO DEL CÓDIGO DE LA INTERFAZ DE REQUISICIÓN DE MATERIAL	66
FIG. 35 FRAGMENTO DE CÓDIGO DEL FORMULARIO DE LA BITÁCORA	68
FIG. 36 PLAN DE MANTENIMIENTO	70
FIG. 37 INVENTARIO DE REFACCIONES.....	71

INDICÉ DE TABLAS

TABLA 1.EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	13
TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE LAS FALLAS	37
TABLA 3. VALORES DE GRAVEDAD	37
TABLA 4. VALORES DE DETECTABILIDAD	38
TABLA 5. VALORES A LA FRECUENCIA	38
TABLA 6. MENÚ DE FICHA PROGRAMADOR	40
TABLA 7. FALLAS FRECUENTES DE LINER.....	43
TABLA 8. FALLAS FRECUENTES FLEXOGRÁFICA.....	47
TABLA 9. FALLAS MÁS FRECUENTES RAYADORA.....	49
TABLA 10. INVENTARIO DE LOS ACTIVOS	52
TABLA 11. ESTATUS DE VALORACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	52
TABLA 12. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO	54
TABLA 13.MODOS DE FALLOS	55
TABLA 14.VALORES DE GRAVEDAD.....	55
TABLA 15. VALORES DE LA OCURRENCIA	56
TABLA 16. ANÁLISIS DE MODO DE FALLAS Y EFECTO	57
TABLA 17. FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO	62
TABLA 18. CONCENTRADO DE REQUISICIÓN DE MATERIAL	67
TABLA 19. ANTES Y DESPUÉS DE MEJORAS DE LA BITÁCORA	69

RESUMEN

El propósito de este proyecto es mejorar el proceso de mantenimiento mediante enfoques clave: Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo, rutinas, y mejoras en los formatos ya existentes. El plan de mantenimiento como propuesta de mejora es una herramienta fundamental para optimizar el rendimiento vida útil de los equipos, llevando una mayor eficiencia, reducción de errores, ahorro de tiempo, recursos y control de los mantenimientos realizados e reprogramados para que estos no pasen a ser desapercibidos.

Para determinar la integración de mejoras, previamente se utilizó la metodología de Análisis de Modos de falla y Efectos (AMEF), tiene como objetivo principal evaluar: Modos de falla, severidad, frecuencia de ocurrencia, detección y cálculo de índice de prioridad de riesgo (IPR) abordando acciones para minimizar fallos y maximizar la eficiencia operativa en el proceso. Además, se propone una macro realizada en Excel para la gestión del mantenimiento adaptado a las necesidades de la empresa, visualiza información técnica de las máquinas, ordenes de trabajo, concentrado de requisición de material, bitácora de mantenimiento correctivo- preventivo, rutinas, inventario de las máquinas e refacciones y plan de mantenimiento.

Finalmente se realizará una capacitación al personal encargado de mantenimiento en la empresa, se explicará sobre el funcionamiento del programa en Excel también se dará a conocer los beneficios del programa y como se evitarían los tiempos de falla inesperados.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito empresarial actual, la eficiencia operativa y optimización de recursos son pilares esenciales para garantizar el éxito dentro de una organización. En este contexto, el mantenimiento preventivo de los equipos emerge como una estrategia fundamental para garantizar, la disponibilidad, confiabilidad y durabilidad de los activos industriales.

El presente trabajo se centra en la elaboración de una macro para la gestión y propuestas de mejora en el plan de mantenimiento preventivo, formatos y rutinas, con el objetivo de incrementar la gestión de los activos e reducir los tiempos de inactividad no planificados. En primer lugar, se evaluará el estado actual de los riesgos en las actividades del proceso de mantenimiento mediante un análisis bajo el método AMEF clasificando los factores críticos que afectan su rendimiento.

A partir de los resultados obtenidos, se desarrollará un plan de acción basado en la metodología PDCA (Plan-Do-Check-Act), como estrategia para promover la mejora continua en el proceso de mantenimiento. Esta estrategia busca no solo corregir las deficiencias identificadas, sino también establecer un ciclo permanente de evaluación y optimización que garantice la disponibilidad y confiabilidad de los activos a largo plazo.

También se realizará la mejora en los formatos y propuestas de rutinas que simplifiquen y estandaricen las actividades de mantenimiento, facilitando su seguimiento y control por parte del personal técnico. A través de la programación regular de inspecciones, reparaciones y reemplazos no se pretende solo atender las fallas cuando ocurren, si no anticiparse a ellas garantizando así un entorno de trabajo eficiente. En la actualidad, en la empresa Ravasa llevar acabo la carga de trabajo manual en el área de mantenimiento ha ocasionado que algunas actividades de mantenimiento no se lleven acabó o no se tenga el control de las mismas, paros recurrentes en las máquinas por fallas, elevados costos de mantenimiento correctivo que se pueden evitar. Esta circunstancia no solo pone en riesgo de la eficacia en las operaciones, sino que también impacta de manera adversa en la competitividad de la empresa en un contexto donde la agilidad, calidad, son fundamentales para cumplir con las exigencias en el mercado mundial más riguroso.

EMPRESA

Descripción de la empresa u organización

Nombre de la empresa: Distribuidora de Empaques Ravasa S.A. de C.V.

Año de fundación: 2006

Sector Industrial: Cualquier tipo de industria que necesite embalaje

Quiénes somos: Distribuidora de empaques Ravasa S.A de C.V. Es una empresa tlaxcalteca con más de 20 años de experiencia en la producción y distribución de materiales para empaque y embalaje industrial, se especializa en la fabricación de bolsas de polietileno, flejes de polipropileno y cajas de cartón en diversas medidas.

La solución para su empaque es una empresa líder en la fabricación y comercialización de cajas de cartón de alta calidad, diseñadas para satisfacer las necesidades de diversas industrias, como comercio electrónico, logística, alimentos mudanzas y más. Con años de experiencia en el mercado, nos especializamos en la producción de soluciones de embalaje personalizadas resistentes y sostenibles, estableciendo relaciones comerciales autenticadas basadas en la comunicación, confianza y lealtad hacia sus clientes.

Misión

DISTRIBUIDORA DE EMPAQUES RAVASA es una empresa tlaxcalteca dedicada a la fabricación y distribución de material para empaque de alta calidad, generando soluciones y un excelente servicio a nuestros clientes siendo eficientes y eficaces.

Visión

Ser una empresa certificada y reconocida a nivel nacional en la fabricación y comercialización de bolsa de polietileno y fleje de polipropileno logrando ser la mejor opción para la adquisición de materiales para empaque.

Valores

- Honestidad
- Respeto
- Responsabilidad
- Compromiso
- Trabajo en equipo

Política general de la empresa

Distribuidora de Empaques Ravasa S.A de C.V está orientada a la fabricación de productos para empaque del uso industrial y grado de alimenticio. La empresa se centra principalmente en el cumplimiento de los estándares de calidad en base a la norma ISO 9001:2015 cubriendo los requerimientos de nuestros clientes y partes interesadas, contando con un equipo humano profesional que trabaja en función de la excelencia y mejora continua de sus productos, basados en cumplimiento de los objetivos de calidad con el apoyo del sistema de gestión de calidad

Objetivos de calidad

- Satisfacer las necesidades de nuestros clientes ofreciendo soluciones de acuerdo con sus requerimientos
- Lograr la certificación bajo el estándar ISO 9001:2015
- Ser una empresa rentable y en constante desarrollo mediante la eficacia de nuestros diferentes procesos productivos.
- Contar con proveedores que aseguren el suministro de materiales y que garanticen una excelente calidad de nuestros productos.
- Proveer a nuestros trabajadores un ambiente laboral que motive y propicie el desarrollo eficiente de sus actividades

Estructura organizacional de la empresa

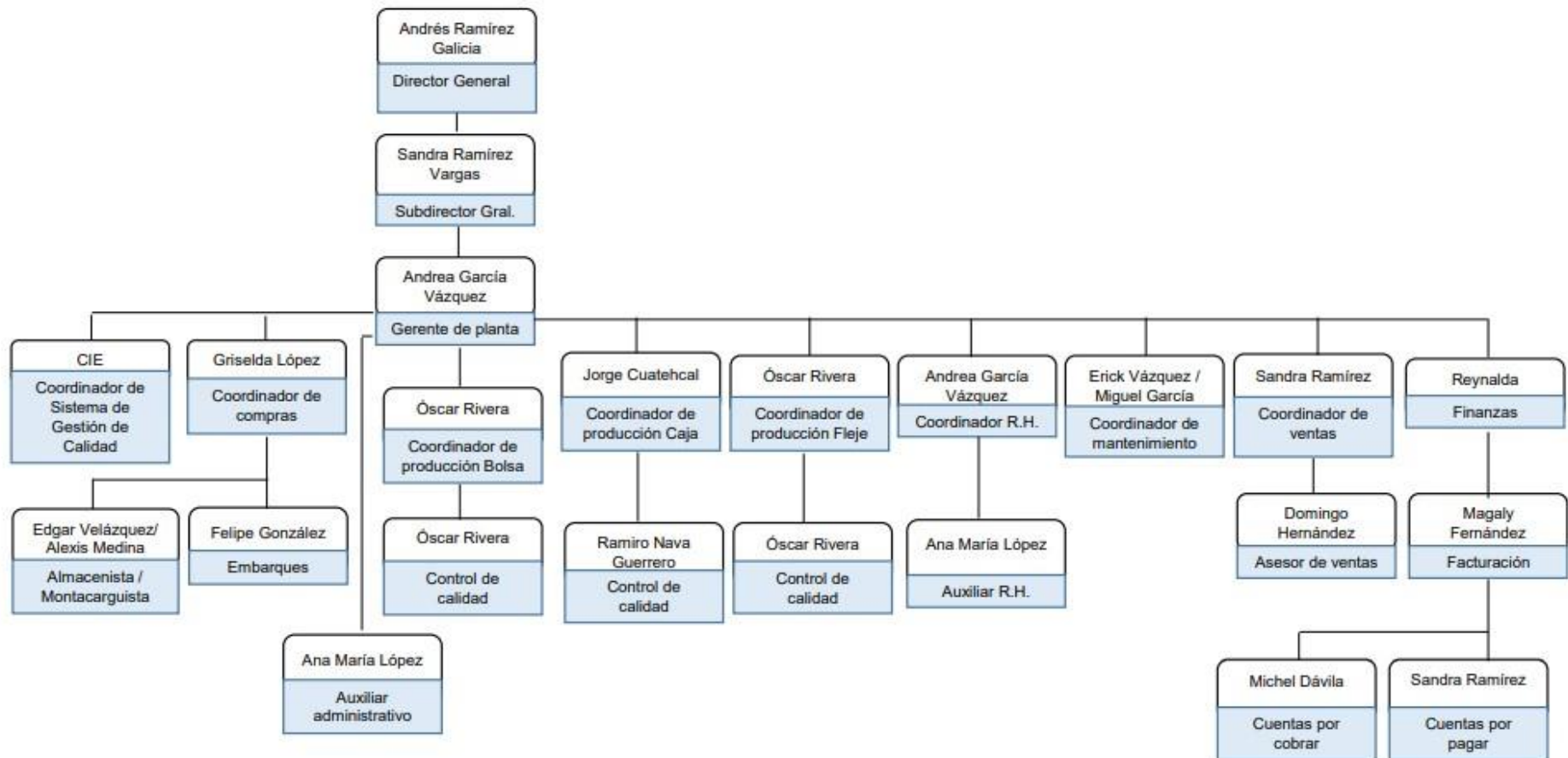


Fig. 1 Estructura organizacional de la empresa

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

Delimitación

Delimitación temporal

El proyecto tiene una duración estimada de cuatro meses, comprendiendo desde el 04 de febrero hasta el 04 de junio del presente año. Durante este período, se llevará a cabo la implementación de propuestas de mejora en el plan de mantenimiento preventivo, rutinas, formatos y procedimientos destinados a potenciar la eficiencia y efectividad de la gestión de mantenimiento. Esta delimitación temporal permitirá realizar un seguimiento detallado de las acciones, evaluar resultados y realizar ajustes necesarios del proyecto en el plazo establecido.

Espacial o geográfica

Se realizará en Ciudad Industrial Xicoténcatl en la empresa Distribuidora de Empaques Ravasa ubicada en Francisco I Madero 1, Col. José María Morelos Y Pavón Tetla De La Solidaridad, Tlaxcala; Código Postal: 90431.



Fig. 2 Ubicación geográfica de Ravasa

Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Distribuidora+De+Empaques+Ravasa+Sa+De+Cv>

PROBLEMATICA

Problemática a resolver

Debido a la alta demanda de pedidos que recibe la empresa de cajas de cartón de industrias alimenticias y manufactureras, surge la necesidad de tener en óptimas condiciones las máquinas, los activos en buen estado realizan operaciones de manera más rápida y efectiva, aumentando la productividad general de la empresa.

1. El seguimiento inadecuado a las fallas que se presentan, en virtud a que los registros no son los apropiados y no están correctamente llenados, lo que dificulta un análisis posterior. Todo ello provoca que no se tenga una base adecuada para ejecutar una metodología que se adelante a la falla.
2. Al existir paradas no programadas en la maquinaria, encargada del proceso de producción por la falta de planificación de mantenimiento, fallan por diversos motivos entre ellos, desgaste, falta de lubricación, fallas eléctricas, por falta de mantenimientos mayor (profundamente al interior de la máquina) la producción se detiene hasta que los encargados de mantenimiento tomen medidas correctivas, en algunos casos traen un técnico externo, para que realice el mantenimiento correctivo a la máquina.
3. A estos problemas podemos adjuntar como resultado retrasos en las entregas y no se le brindará la calidad del producto en el tiempo que esta requerido.

OBJETIVOS

Objetivo General

Implementar mejoras en el plan de mantenimiento, rutinas, formatos y el diseño de una macro para la gestión de mantenimiento de los activos de producción del área de corrugado.

Objetivos específicos

- a) Recopilar y organizar información relevante de los equipos, incluyendo historial de mantenimiento, fechas y tareas realizadas.

- b) Diseñar una base de datos en Excel que permita registrar y gestionar las actividades de mantenimiento en un formato de manera eficiente.
- c) Desarrollar y elaborar una macro en Excel que automatice el mantenimiento y recordatorios de las actividades que se tienen que realizar
- d) Implementar funciones dentro de la macro para permitir la actualización automática del estado de mantenimiento y registro de nuevas tareas.
- e) Capacitar al personal encargado en el uso de la macro de mantenimiento

JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se pretende realizar con la finalidad de tener un control y mejorar el proceso de mantenimiento, disponibilidad de los activos, reducir los tiempos muertos, prolongar la vida útil de los equipos evitando que se reemplacen componentes de manera temprana para ello se identificarán los cuellos de botella que no permiten una ejecución de completa del proceso

La finalidad es exponer mejoras en el plan de mantenimiento preventivo, rutinas, formatos y desarrollo de una macro para la gestión del mantenimiento que contribuya a optimizar los procesos de mantenimiento, incrementando la confiabilidad de los equipos, maquinaria, y promoviendo una gestión más eficiente y sostenida en el tiempo. La implementación de mejoras planteadas permitirá a Ravasa ser más competitiva, reducir riesgos operativos, reducción de costos, control y garantizar una producción continua y de calidad.

MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción al mantenimiento

El mantenimiento industrial surgió ante la necesidad del ser humano para preservar la funcionalidad de sus herramientas primarias. Después, evoluciono debido al interés de conservar los dispositivos y equipos utilizados en la fabricación de productos.

Durante 1914 las técnicas de mantenimiento fueron orientadas al cuidado físico de la maquinaria. El mantenimiento correctivo solo se aplicaba cuando la maquinaria presentaba una falla o se tenía que suspender la producción, y fue a partir de ese año, y hasta 1950, que se establecieron algunas labores preventivas.

Entre 1950 y 1970 las técnicas de mantenimiento se enfocaron al cuidado del servicio que proporcionaba la maquinaria. Durante ese periodo se reconoció su relevancia, ya que el objetivo era proporcionar un buen servicio o producto al cliente de manera eficiente y económica. En esta el mantenimiento es considerado dentro del diseño de la planta.

A partir de la década de 1970 surgió el mantenimiento productivo total, que impulso a la participación de los empleados en la producción y el mantenimiento en busca de la eficiencia.

En la actualidad un inconveniente detectado durante la implementación y aplicación de mantenimiento en las empresas es el uso de un lenguaje común, no especializado, entre los operadores del equipo o maquinaria y los técnicos del departamento de mantenimiento, lo cual afecta de manera directa el diagnóstico de la falla. Otro problema es la falta de conocimiento entre la aplicación y administración del mantenimiento.

Cada empresa aplica sus propias técnicas y conceptos, lo que trae como consecuencia el uso de diferente terminología. Esto puede representar una fortaleza siempre y cuando la terminología empleada sea compartida con los involucrados a través de la capacitación de los operarios de los equipos mediante una comunicación efectiva y asertiva. Lo que busca disminuir los tiempos muertos que tanto afectan a la industria (González Ajuech & González, 2017).

1.2 Historia y evolución del mantenimiento

El mantenimiento surge desde que el hombre ha necesitado la necesidad de crear herramientas para sobrevivir. Estas herramientas tenían sus fallos o se rompían, por lo que el hombre tenía que repararlas o mejorarlas para que estas tuviesen una durabilidad superior.

Fue en la Revolución Industrial y la mecanización de las industrias, un punto de inflexión, donde surgió la preocupación por los fallos de las herramientas o de los equipos, incluso en ocasiones, el paro de la industria. Esto dio pase a una serie de estudios y aplicaciones sobre el mantenimiento llevado a cabo en el siguiente orden cronológico:

Tabla 1. Evolución del mantenimiento

Fuente: <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/47868/1/GestiMantenimiento20TPM.pdf>

1780	Mantenimiento Correctivo (CM). Inicio de la Revolución Industrial. Se realizan los bienes por hombres, por lo que los productos son escasos y caros.
1798	Mejora del CM. Uso de partes intercambiables en las máquinas para que, en caso de piezas rotas, no necesitarse que se haga una a medida. Producción en masa.
1910	Formación de cuadrillas de Mantenimiento Correctivo.
1914	Mantenimiento Preventivo (MP). La Industria de guerra necesitaba trabajar de forma continua con demanda urgente de productos. Otro punto importante fue la necesidad de que las máquinas de guerra más importantes no fallasen.
1916	Inicio del Proceso Administrativo creado por Henry Fayol. Un modelo integrado de cinco elementos: previsión, organización, dirección, coordinación y control.
1927	Uso de la estadística en producción a fin de controlar el trabajo.
1931	Control Económico de la Calidad del producto Manufacturado.
1937	Conocimiento del Principio de W. Pareto donde permitía ver y establecer prioridades.
1939	Se controlan los trabajos de Mantenimiento Preventivo con estadística. Debido a la Segunda Guerra Mundial, se necesitaban las industrias del acero las 24 horas.

1946	Se mejora el Control Estadístico de Calidad (SQC) porque se veía que el MP no daba buenos resultados.
1950	En Japón se establece el Control Estadístico de Calidad.
1950	En Estados Unidos de América se desarrolla el Mantenimiento Productivo (PM).
1951	Se da a conocer el "Análisis de Weibull", una técnica para estimar una probabilidad basada en datos medidos o supuestos para solucionar problemas de mantenimiento.
1960	Se desarrolla el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Surge en la industria aérea.
1961	Se inicia el Poka-Yoke (a prueba de errores). Este sistema entra en juego cuando esta la seguridad humana.
1962	Se desarrollan los Círculos de Calidad (QC) basados en el MP.
1965	Se desarrolla el análisis Causa- Raíz (RCA) .
1968	Se presenta el libro "Mantenimiento centrado en la Confiabilidad" conocida como el RCM mejorado.
1970	Difusión del uso de la computadora para la administración de Activos (CMMS).
1971	Se desarrolla el Mantenimiento Productivo Total (TPM) .
1978	Se presenta la Guía MSG-3 para mejorar el mantenimiento en naves aéreas.
1980	Se desarrolla la Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO). Se aplica el RCM-2 en toda clase de industrias.
1995	Se desarrolla el proceso de los 5 Pilars of the Visual Workplace (5S's) .
2005	Se estudia la filosofía de la Conservación Industrial (IC).

1.3 Mantenimiento

El mantenimiento es toda actividad encaminada a conservar las propiedades físicas de una institución o empresa a fin de que esté en condiciones para operar en forma satisfactoria y a un costo razonable.

La OCDE lo define de la siguiente manera: "Control constante de las instalaciones y conjunto de los trabajos de reparación y revisión necesarios para asegurar el funcionamiento regular y buen estado de conservación de las plantas productivas, de sus servicios e instalaciones" (OCDE, 1963)

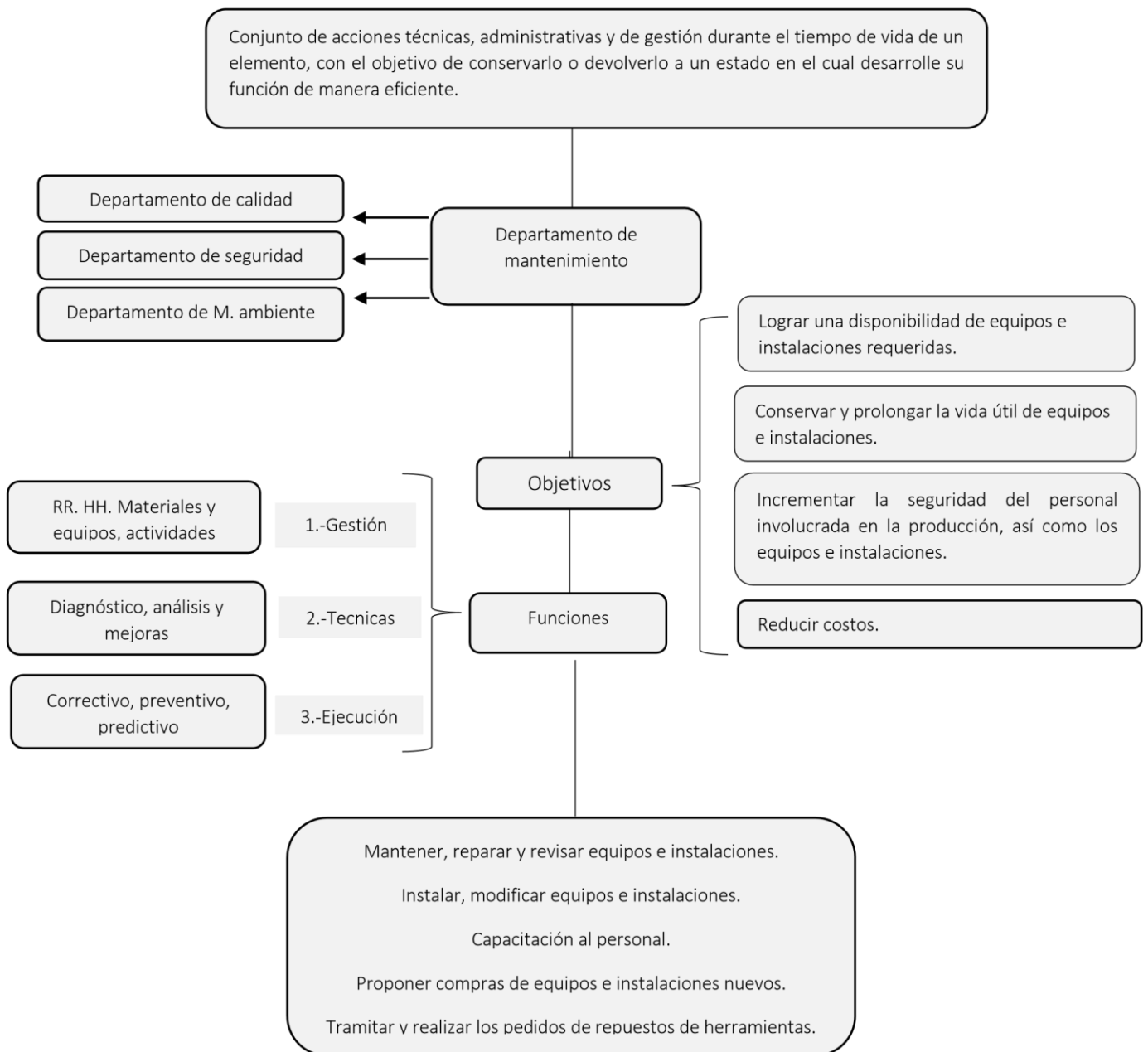


Fig. 3 Esquema del concepto de mantenimiento industrial

Fuente: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/unadsp/detail.action?docID=5213557>

El mantenimiento es la actividad que cuida del adecuado comportamiento de los bienes físicos de la empresa, su aprovechamiento, máxima disponibilidad, alta fiabilidad y al menor costo. Esta es una actividad altamente productiva. Si se considera el requerimiento de alta competitividad del país y por lo tanto de las empresas y sus bienes, la necesidad de proporcionar el mejor mantenimiento a éstos se hace obligatoria. Por lo tanto, el mantenimiento debe trascender mediante la implantación de un sistema que considere la

aplicación de las tareas técnicas y económicas oportunamente, para lo cual habrá de contar con una sólida administración y una competente ingeniería.

1.4 Misión del mantenimiento

“El mantenimiento industrial como parte integral de la producción, tiene como propósito garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos, y demás infraestructura empresarial, mediante programas de prevención y predicción de fallas, reparación de daños y mejoramiento continuo de sus condiciones operativas con la política cero defectos, para cumplir sus cuatro objetivos fundamentales”.

- **Conservación de los activos físicos:** Mediante el desarrollo de las técnicas administrativas y de mantenimiento más eficaces, para conservar en el largo plazo la vida útil de los equipos productivos, acordes a los requerimientos económicos.
- **Disponibilidad de los activos físicos:** Mediante el desarrollo de normas y procedimientos que promuevan de manera eficiente, segura y económica la máxima disponibilidad técnica y operativa de los equipos de acuerdo con los requisitos de producción.
- **Administración eficaz de los recursos:** Mediante la mejora de los procesos, procedimientos y estándares que mejor promuevan el uso eficiente, eficaz y económico de todos los recursos tangibles e intangibles de la organización.
- **Desarrollo del talento humano:** Por medio de programas de formación y capacitación permanente, sistemas de competencias, gerencia del desempeño y gestión global de conocimiento.

En la actualidad la mayoría de los procesos industriales demandan un mantenimiento organizado, seguro, efectivo y económico para garantizar la disponibilidad de los activos físicos. La gestión de estos activos representa un desafío futuro, donde el objetivo es inculcar los valores del mantenimiento. Con los planteamientos anteriores se precisa el cumplimiento del mantenimiento en la empresa, así como también las principales funciones que debe cumplir este proceso en la empresa distribuidora de empaques seleccionando e implementado para enfrentar las fallas y mitigar sus consecuencias; con el compromiso efectivo de todas las personas de la organización. (Alvarez, 2018)

1.5 Papel del Mantenimiento en la Industria

El departamento de mantenimiento, como responsable de los bienes físicos, debe cuidar de la adecuada operación de los mismos, desarrollando para ello las tareas o actividades físicas del mantenimiento para lo cual requiere apoyo de las tareas de administración de ingeniería. Para cumplir con su objetivo fundamental, el mantenimiento requiere que se realicen las siguientes actividades físicas:

Servicio.

Dar servicio significa mantener la buena apariencia y adecuado funcionamiento de la maquinaria, así como la higiene del personal y seguridad de la empresa. Por sus características de desarrollo, periodicidad y costumbre, a ésta tarea se le considera como mantenimiento rutinario y se representa tanto en el mantenimiento preventivo como en el correctivo.

Cambio

Cambio o reemplazo significa restablecer el adecuado funcionamiento de la maquinaria al sustituir las partes o componentes que han fallado, si están defectuosos y/o si su vida útil o económica ha concluido.

Reparación

La reparación es restablecer el adecuado funcionamiento de la maquinaria mediante la corrección de fallas. La reparación no es la principal tarea del mantenimiento y es ésta con la cual se le identifica, lo que constituye un criterio muy limitado.

Las reparaciones pueden ser de los siguientes tipos:

- **Reparación menor.**
- **Reparación mayor.**
- **Rehabilitación (overhaul) reconstrucción parcial.**

Inspección

Tiene por objetivo la detección de las fallas potenciales en cualquiera de sus etapas y en ella se incluye la verificación.

La inspección, en un sentido más amplio, tiene la función de vigilancia básicamente en:

- Uso. Aquí el mantenimiento debe vigilar que sea adecuado el uso de la maquinaria.
- Desarrollo de proceso. A través de la inspección se vigila y asesora que se apliquen los procesos correctos.
- Análisis de fallas. El mantenimiento tiene la obligación de conocer el origen de la falla.
- Control de Calidad. Vigilar que todas las tareas del mantenimiento se realicen de acuerdo a estándares de calidad.
- Personal. La inspección en una empresa industrial debe estar a cargo de aproximadamente el 10 por ciento del personal de mantenimiento general.
- Frecuencia. Esta puede ser: Rutinaria, Periódica y especial.
- Clasificación de elementos. Es conveniente clasificar los elementos a inspeccionar en función del tipo más frecuente de fallas que pueden presentarse.

Modificación

Significa reducir o eliminar las fallas repetitivas, mediante la alteración del diseño original. (Martinez, Agosto 2018)

1.6 Tipos de mantenimiento

- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Predictivo
- Mantenimiento Productivo Total (TPM)
- Mantenimiento RCM

1.6.1 Mantenimiento Correctivo

Antecedentes Históricos

Primera generación

La idea de realizar mantenimiento a las máquinas surgió cuando la sociedad entendió su importancia económica.

Fue con la Revolución Industrial que esto ocurrió, a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX. Antes, no había máquinas industriales que necesitaran ser preservadas.

Esta primera etapa en la evolución del mantenimiento se limitaba a la reparación de maquinaria tras una falla o avería. Un tipo de mantenimiento llamado correctivo o reactivo, que obligaba a paralizar la máquina afectada y, en consecuencia, la producción.

En ese entonces, se trataba de reparaciones que podían hacerse con instrumentación y sistemas de control básicos. No era muy complejo descubrir dónde estaba la falla, ya que los componentes eran visibles y robustos.

Las preocupaciones por las fallas o averías ocurrían junto con la falla misma, y entonces ya no había nada que hacer. No existían planes de rutina, por lo que la estrategia se resumía en reparar los motores, válvulas y otros componentes cuando no había más remedio.

Definición del mantenimiento correctivo

Es aquel que se realiza luego que ocurre una falla o avería en el equipo o instalación que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, pues implica el cambio de algunas piezas del equipo.

El mantenimiento correctivo no se puede eliminar en su totalidad, por lo tanto, una gestión correcta extraerá conclusiones de cada parada de la máquina e intentará realizar la reparación de manera definitiva ya sea en el mismo momento o programando un paro para que ésta falla no se repita.

1.6.2 Mantenimiento Preventivo

Antecedentes Históricos

Para mediados del siglo XX, las máquinas utilizadas en procesos industriales conformaban una cadena productiva compleja.

La producción a gran escala y el formato de línea de producción había intensificado el trabajo de las máquinas y el rendimiento dependía cada vez más de su buen funcionamiento. La idea de competitividad, reducción de costos y productividad aportada inicialmente por la industria había elevado la importancia de los activos, algo decisivo en la evolución del mantenimiento.

La falla de un elemento en la cadena productiva significaba una demora inaceptable que podía acarrear pérdidas masivas a una empresa. Esto se terminó de potenciar durante la Segunda Guerra Mundial.

La maquinaria pasó a ser el elemento clave para la producción de herramientas, armas, equipos y vehículos militares. Así, comenzaron los primeros programas organizados de mantenimiento preventivo.

Esta etapa en la historia del mantenimiento se enfoca en preservar la vida útil de los equipos, particularmente de los activos militares, cuyo mantenimiento correctivo significaba que no podían operarse durante las reparaciones.

Era necesario evitar la falla temprana minimizando impactos y costos, y así disponer durante el mayor tiempo posible de los aviones, barcos y tanques para ir a la batalla.

Los planes de mantenimiento preventivo consistían en:

- Realizar inspecciones rutinarias.
- Detección y monitoreo sistemático de fallas.
- Cambio de algunos componentes en atención al número de horas de funcionamiento.

Definición del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se puede definir como un enfoque proactivo que busca anticipar y prevenir posibles fallos en equipos y sistemas. Se centra en identificar y resolver anomalías antes de que comprometan la productividad.

En otras palabras, es un conjunto de acciones planificadas y regulares destinadas a mantener los equipos en buen estado de funcionamiento, minimizando así el tiempo de inactividad no previsto y los costos asociados. También se considera como mantenimiento preventivo, al engrase, cambio de aceites, limpieza y sustitución de repuestos vitales del equipo, aunque o se le conozca como mantenimiento rutinario.

Gestión del mantenimiento preventivo

La gestión de mantenimiento preventivo consiste en una programación de actividades para conservar el equipo en óptimas condiciones óptimas de operación. Estas actividades se basan en el control de las partes críticas del equipo cuando aún no se presentan fallas, considerándose como factores: vida útil, esfuerzo, potencia, y algunas características específicas del equipo, que permiten establecer una frecuencia para las tareas de mantenimiento, dando como resultado una disminución de costos, un aumento de vida útil del equipo, seguridad a los trabajadores y mejora la calidad del producto. (Gaither & Fraizer, 2000)

1.6.3 Mantenimiento Predictivo

Antecedentes Históricos

En la década de 1960, el mantenimiento se basaba en la prevención y la corrección. Ambas estrategias implicaban actividades de fondo, consideradas de menor importancia y útiles solo cuando se producía una avería.

El sector de mantenimiento se limitaba a electricidad, mecánica, cambio de piezas, lubricación o engrase. La noción de predicción no existía. Las rutinas del operario estaban programadas cada cierto tiempo, pero no se tenían en cuenta las condiciones de operación de cada equipo.

Los planes de mantenimiento eran costosos y muchas veces se realizaban tareas de mantención solo porque estaban programadas, pero sin una idea consciente de si realmente era necesario hacerlas en ese momento.

Como las actividades no suponían mejoras sustanciales en los equipos o instalaciones, surgió la idea del mantenimiento predictivo para monitorear con indicadores, sensores y dispositivos cada activo, y poder predecir un mal funcionamiento o una posible avería.

De este modo, en lugar de realizar un mantenimiento general y sin distinciones, se pasó a la idea de tomar primero datos clave de los equipos para determinar la vida útil restante de ciertos componentes críticos.

No se trataba ya de dar a todos los activos igual tratamiento. Se comenzaron a aplicar técnicas de verificación mecánica como el análisis de vibraciones y ruidos. Se necesitaba de personas cada vez más especializadas, porque no todos los operarios eran capaces de leer y analizar los datos que arrojaban los sensores. Por último, estos datos eran registrados para la generación de gráficos de tendencia que evidenciaban el comportamiento de la maquinaria a través del tiempo.

Definición Mantenimiento Predictivo

Es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina. El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. A tal efecto, se definen y gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera necesario medir y gestionar.

Además de prever el fallo catastrófico de una pieza y por tanto, anticiparse a éste, las técnicas de mantenimiento predictivo ofrecen una ventaja adicional como ésta: la compra de repuestos se realiza cuando se necesita, eliminando pues stocks (capital inmovilizado). Para que éste Mantenimiento de buenos resultados se debe apoyar en las Técnicas predictivas siguientes:

- **Análisis de vibraciones**

El análisis de vibraciones es una técnica de mantenimiento predictivo que consiste en medir, registrar y analizar las vibraciones mecánicas que produce una máquina durante su funcionamiento, con el fin de detectar desequilibrios, fallos o desgastes incipientes en sus componentes. Se puede llevar a cabo mediante:

1. **Medición de la amplitud de la vibración:** gracias al vibrómetro, se obtiene un valor global del desplazamiento o velocidad de la vibración. Cuando sobrepasa un valor preestablecido, la máquina debe ser revisada.
2. **Análisis del espectro de vibración:** es la mejor herramienta disponible para el análisis de maquinaria a partir de las vibraciones. Analiza las señales en el dominio de la frecuencia mediante una gráfica de amplitud frente a frecuencia, que se conoce como espectro. El análisis espectral permite obtener las tres unidades de amplitud en todo el rango de frecuencias, y la curva de velocidad es la más uniforme. Los datos se obtienen mediante los transductores, que transforman la vibración mecánica en una señal analógica para ser procesada, medida y analizada.

Los parámetros más relevantes que determinan las vibraciones son **la frecuencia, la amplitud, la dirección y la fase**. Las máquinas casi siempre presentan una vibración compuesta, que es la suma de varias vibraciones simples asociadas a sus componentes internos en movimiento. Pueden ser:

1. **Aleatorias:** no cumplen con patrones concretos y, por tanto, resulta prácticamente imposible detectar dónde comienza un ciclo y dónde termina.
2. **Golpeteos intermitentes:** habituales en engranajes, ventiladores y rodamientos, están asociados a golpes continuos que crean una señal repetitiva. (FESTO, 2025)

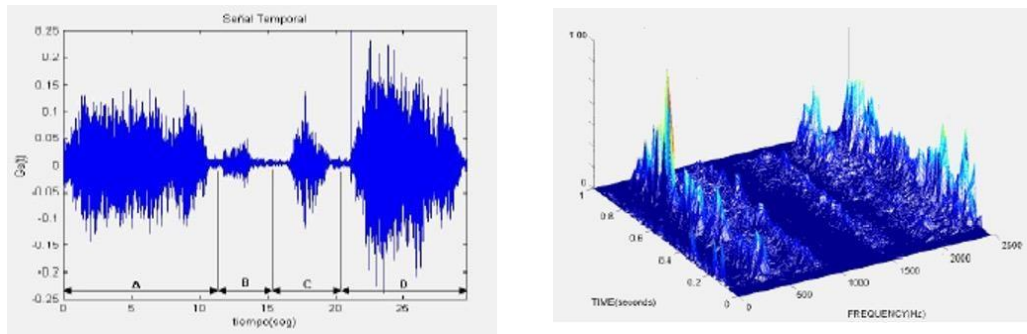


Fig. 4 Registro de un análisis vibraciones en un ciclo de trabajo en función del tiempo

Fuente: https://www.erbessdinstruments.com/wpcontent/uploads/2021/06/Envelope_Alarms.jpg

• Termografías

La termografía es una técnica de inspección no destructiva que permite detectar y visualizar la temperatura superficial de objetos o equipos, mediante el uso de cámaras infrarrojas. Su principal objetivo es identificar zonas de calor anormales (también llamados puntos calientes), que pueden indicar fallos, sobrecargas, fricción excesiva o deterioro en componentes eléctricos, mecánicos o estructurales.

Todos los materiales con temperatura superior al cero absoluto (-273°C) emiten energía electromagnética en el campo infrarrojo. A mayor temperatura del cuerpo, mayor radiación en el infrarrojo. Las cámaras termográficas detectan la radiación invisible que emiten los objetos y la transforman en una imagen dentro del espectro visible.

Entre sus aplicaciones, se encuentran:

1. Detección de problemas en los componentes de las instalaciones eléctricas de alta o baja tensión y fallos en el sistema.
2. Observación del estado de motores.
3. Monitorización de aislamientos técnicos.
4. Monitorización de procesos y del nivel de tanques, depósitos, etc.
5. Detección de fugas de gas. (FESTO, 2025)



Fig. 5 Cámara termográfica con sensor óptico infrarrojo

Fuente: <https://ovacen.com/wp-content/uploads/2020/03/consejos-utilizar-camara-termografica.jpg>

- **Boroscopías**

La boroscopías es una técnica de inspección visual remota que utiliza un instrumento llamado baroscopio para observar y registrar el interior de componentes o zonas de difícil acceso sin necesidad de desmontar el equipo o estructura.

Mediante una sonda o boroscopio podemos ver el interior de las máquinas u otros equipos, las zonas inaccesibles para el ojo humano.

Esta técnica de mantenimiento tiene desventajas, como las limitaciones relacionadas con el diseño del equipo a inspeccionar, o que depende de la habilidad de quien se encargue de la inspección, pero es muy útil para la inspección interna de válvulas, especialmente las de regulación y bypass; de turbinas de gas y de vapor; intercambiadores de generadores de vapor; rodets de bombas centrífugas; tuberías; y multiplicadoras en aerogeneradores. (FESTO, 2025)



Fig. 6 Boroscopio para observar el interior de los componentes

Fuente: <https://www.blumetric.mx/wp-content/uploads/2023/07/boroscopio-industrial-bs150.jpg>

- **Análisis de aceite**

Es una técnica de mantenimiento predictivo que consiste en examinar el estado físico, químico y contaminante del aceite lubricante de una máquina, con el fin de detectar desgaste interno, contaminación o pérdida de propiedades del lubricante.

La humedad en el aceite debe ser inferior al 0,5%, y el contenido de insolubles, menor del 3%. Gracias al análisis del estado del aceite, podemos diagnosticar:

1. El desgaste interno del equipo a través de las partículas sólidas presentes en el aceite.
2. El estado del lubricante, comprobando la degradación del aceite y su pérdida de capacidad.
3. La contaminación del aceite, mediante el análisis de partículas metálicas, insolubles y cantidad de agua.

Entre los tipos de desgaste asociados a la degradación del aceite, encontramos:

1. **Abrasivo:** partículas duras en contacto con componentes metálicos internos. Requiere instalar filtro.
2. **Adhesivo:** se desprenden partículas como consecuencia del contacto entre dos superficies metálicas. Indica que la lubricación es deficiente o que el aceite está contaminado.
3. **Por cavitación:** las burbujas por disminución de la presión bombardean las superficies metálicas. Indica que la presión del aceite no es adecuada.
4. **Corrosivo:** reacción química del material de la superficie, en general por oxidación. Hay que eliminar agua, corrientes eléctricas o productos de la combustión.
5. **Por fatiga:** se producen fisuras cuando hay esfuerzos cíclicos y se originan desprendimientos de partículas. Hay que inspeccionar los elementos. (FESTO, 2025)



Fig. 7 Prueba de análisis de aceite

Fuente: <https://www.alsglobal.com/-/media/ALSGlobal/-Pruebas-de-análisis-de-aceite--conocer-los-tipos.jpg>

- **Análisis de ultrasonidos**

Técnica basada en la detección de ondas ultrasónicas (de alta frecuencia) generadas por componentes en funcionamiento, con el objetivo de identificar fugas, fricción anormal, cavitación o fallos mecánicos y eléctricos.

Las ventajas del análisis por ultrasonido acústico incluyen:

1. Las ondas son direccionales.
2. El ultrasonido no penetra objetos sólidos.
3. No se confunde con ruidos sónicos o subsónicos.
4. Es la técnica que primero detecta un defecto.
5. El nivel de formación que se requiere es bajo.
6. La inversión en equipos es pequeña.

Es muy útil para detectar fallos relacionados con fricciones, turbulencias, o ionización por efecto corona, arco eléctrico y tracking. Los ultrasonidos se detectan a través del aire o de elementos estructurales, y pueden indicar fugas de aire comprimido, gases o vacío; fugas internas en válvulas conectadas a tuberías herméticas; deficiencias eléctricas. (FESTO, 2025)



Fig. 8 Ecógrafo para análisis de ultrasonido

Fuente: <https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTaa1tM5MFXNgD9GXNjo2SdQ>

- **Análisis de humos de combustión**

Es la medición y evaluación de los gases emitidos por un equipo de combustión interna (como calderas, motores o generadores) para conocer su eficiencia y nivel de emisiones contaminantes.

El análisis de humos sirve para asegurar el funcionamiento correcto del equipo. La planta donde esté instalado debe cumplir la normativa legal sobre medioambiente y salubridad. También asegura el buen funcionamiento de los motores de combustión. La composición

de los gases revela: la calidad del combustible, el estado del motor, el ajuste correcto de relación de compresión y de la regulación de la mezcla de admisión. (FESTO, 2025)



Fig. 9 Análisis de combustión

Fuente: <https://www.onagas.es/wp-content/uploads/2025/02/combustion06.jp>

- **Control de espesores en equipos estáticos**

Técnica de inspección no destructiva que utiliza ultrasonido para medir el espesor de paredes metálicas (como tuberías, tanques o calderas) con el fin de identificar corrosión, erosión o pérdida de material, para detectar desgaste, corrosión o erosión, previniendo así fugas y accidentes. Se realiza con un medidor ultrasónico que mide el "tiempo de vuelo" de un pulso sonoro a través del material para calcular el espesor real de la pared. (FESTO, 2025)



Fig. 10 Medidor de espesor ultrasónico

Fuente: <https://m.media-amazon.com/images/I/51J0TZEHUEL.UF350,350QL80.jpg>

- **Análisis de partículas magnéticas**

Método de ensayo no destructivo que consiste en aplicar un campo magnético a un material ferromagnético y luego aplicar partículas finas magnéticas (secas o en suspensión) para revelar fisuras o discontinuidades superficiales o sub-superficiales. (Mobley, 2002)



Fig. 11 Método de ensayo no destructivo

Fuente: <https://ipend.es/wp-content/uploads/2017/10/Fotografia-1-A-1024x741.jpg>

- **Análisis por líquidos penetrantes**

Técnica de ensayo no destructivo que consiste en aplicar un líquido penetrante colorante o fluorescente sobre la superficie de un material no poroso, seguido de un revelador que permite visualizar grietas o porosidad superficial.

Es el tipo de ensayo que se emplea para determinar discontinuidades superficiales sobre la mayoría de los materiales; tales como: metales (ferrosos y no ferrosos) aluminio, magnesio, latón, bronce, titanio y aceleraciones de alta temperatura. También puede realizarse en plásticos, vidrios, acrílicos y materiales cerámicos. No obstante, este ensayo no podrá realizarse en materiales con alto grado de porosidad (o con excesiva rugosidad o escamado) como el concreto, mampostería o madera. (Moblely, 2002)

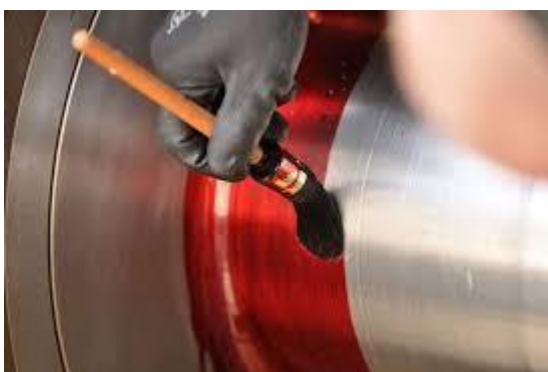


Fig. 12 Técnica de ensayo no destructivo

Fuente: <https://trymakperu.com/wp-content/uploads/2021/06/servicios10.jpg>

1.6.4 Mantenimiento TPM

Antecedentes Históricos

Para conocer los orígenes del TPM, debemos situarnos en el Japón posterior a la finalización de la II Guerra Mundial. En esta época (1946 – 1952), los japoneses estaban en la reconstrucción de su país. Como parte de este enorme proyecto, buscaron a expertos en control estadístico como Walter Andrew Shewhart o William Edwards Deming. En 1950, la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros (JUSE) invitó al Dr. Deming, debido a su conocimiento acerca de Japón y su cultura, a impartir unas charlas sobre Calidad y Control Estadístico de

Procesos (SPC).

Como experto en estadística, Deming, que durante la guerra estuvo a cargo de optimizarla calidad en la fabricación del armamento estadounidense usado precisamente contra Japón, comenzó por mostrar a los japoneses cómo podían controlar, mediante análisis estadísticos, la calidad de sus productos durante la fabricación. Estos análisis permitían “entender lo que las máquinas dicen”, ya que la calidad exigida fluctúa en función de variaciones en el proceso de producción.

Actualmente, se asocia al plan que se usaba en la planta Nippodenso, una manufacturera de partes eléctricas automotrices de Japón a fines de la década de los 60. Seiichi Nakajima, un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta (JIPM), recibe el crédito de haber definido los conceptos de TPM y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón.

Definición Mantenimiento Productivo Total

Sus siglas en inglés son: Total Productive Maintenance (TPM). Este sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de mantenimiento preventivo creado en la industria de los Estados Unidos. Es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección, y orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos.

Pilares del TPM

Los pilares en lo que se basa, o se sustenta, el TPM son una serie de procesos fundamentales por los que sirve de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Los pilares considerados como necesarios para el TPM son:

PILAR 1: Mejora enfocada o Método Kaizen.

Se trata de desarrollar el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento. Las técnicas TPM ayudan a eliminar ostensiblemente las averías de los equipos. El procedimiento seguido para realizar acciones de mejoras enfocadas sigue los pasos del conocido Ciclo Deming o PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

PILAR 2: Mantenimiento autónomo o Jisho Hozen.

El mantenimiento autónomo se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipo, esto es, mecanismos, aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo, averías, etc. Con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de mantenimiento en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas.

PILAR 3: Mantenimiento programado.

Mantenimiento planeado consiste en lograr mantener el equipo y el proceso en estado óptimo por medio de actividades sistemáticas y metódicas para construir y mejorar continuamente a fin de evitar paradas innecesarias.

PILAR 4: Mantenimiento de calidad o Hinshitsu Hozen.

El TPM tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad controlando las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen impacto directo en la calidad del producto.

PILAR 5: Prevención del Mantenimiento.

Este pilar se centra en las actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos. Una empresa que pretende adquirir nuevos equipos puede hacer uso del historial del comportamiento de la maquinaria que posee,

con el objeto de identificar posibles mejoras en el diseño y reducir drásticamente las causas de averías.

PILAR 6: Mantenimiento de áreas soporte.

Su objetivo es lograr que las mejoras lleguen a la gerencia de los departamentos administrativos y actividades de soporte y que no solo sean actividades en la planta de producción. Estas mejoras buscan un fortalecimiento de estas áreas, al lograr un equilibrio entre las actividades primarias de la cadena de valor y las actividades de soporte. En estos departamentos las siglas del TPM toman estos significados:

- T.- Total Participación de sus miembros.
- P.- Productividad (volúmenes de ventas y ordenes por personas).
- M.- Mantenimiento de clientes actuales y búsqueda de nuevos.

PILAR 7: Polivalencia y desarrollo de actividades.

Las habilidades tienen que ver con la correcta forma de interpretar y actuar de acuerdo con las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. Es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo.

PILAR 8: Seguridad y entorno.

Se busca lograr el objetivo de “cero accidentes” y “cero contaminación”. Para se crean ambientes seguros, higiénicos y medio ambientales buenos, aparte de ser motivadores. La contaminación en el ambiente de trabajo puede llegar a producir un mal funcionamiento de una máquina y muchos de los accidentes son ocasionados por la mala distribución de los equipos y herramientas en el área de trabajo. (Alvarez, 2018)

1.6.5 Mantenimiento RCM

Origen del RCM

El RCM es un proceso desarrollado durante los años 60's y 70's con la finalidad de ayudar las empresas a determinar las políticas más adecuadas para mejorar las funciones de los activos físicos y para manejar las consecuencias de sus fallos.

Este proceso surgió en la industria de la aviación comercial internacional de Estados Unidos, impulsado por la necesidad de optimizar la fiabilidad, y ha evolucionado de

forma continua desde sus inicios en 1960. El éxito del RCM en la industria aeronáutica no tuvo precedentes.

En un periodo de 16 años posterior a su implantación, las aerolíneas comerciales no experimentaron incremento en los costes unitarios de mantenimiento, aun cuando el tamaño y la complejidad de las aeronaves, así como los costes de operación se incrementaron durante el mismo periodo. También, para el mismo periodo, se incrementaron los records de seguridad de las aerolíneas.

Los beneficios obtenidos por la industria aeronáutica no fueron un secreto y pronto el RCM fue adaptado y adecuado a las necesidades de otras industrias y sectores como la de generación de potencia mediante energía nuclear y solar, la minería, el transporte marítimo, etc., así como el ámbito militar.

Definición de RCM

El Mantenimiento Centrado en Fiabilidad (RCM) es un método empleado para determinar las necesidades de mantenimiento de cualquier activo físico en su contexto de operación.

Entendiéndose por mantenimiento (UNE-EN 13306:2002) la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar la función requerida. La función requerida (UNE-EN 13306:2002) es la función o combinación de funciones de un elemento que se consideran necesarias para proporcionar un servicio dado. Esta función puede definirse de muchas formas dependiendo exactamente de dónde y cómo se esté usando el elemento, es decir, dependiendo del contexto operacional.

El RCM sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes (críticos) de un contexto operacional concreto y su éxito radica principalmente en el análisis funcional de los activos, realizado por un equipo natural de trabajo.

El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción. Los objetivos secundarios pero igualmente *importantes* son aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en

disposición de producir y disminuir al mismo tiempo los costos de mantenimiento. (Toledo, 2018)

1.7 Indicadores KPIs

Los indicadores clave de rendimiento o KPIs (Key Performance Indicators), son métricas utilizadas para evaluar el desempeño de una acción específica. Estas métricas pueden medir tanto el tiempo dedicado a una parada (ya sea planificada o no) como la evolución de la producción. (Team , 2020)

- MTBF – (Mean Time To Repair) Conocido como el indicador de confiabilidad. Mide la tasa de fallos aleatorios (no previstos), incluso si son causados por fallos de software o defectos de fabricación que compromete su vida útil. (Team , 2020)

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total Disponible} - \text{Tiempo Total Perdido}}{\text{Número de paradas}}$$

- MTTR-(Mean Time To Repair) Un indicador de mantenimiento igualmente común es el tiempo medio de reparación (MMTR), que puede aplicarse a un equipo, máquina, componente o sistema. El MTTR considera el tiempo medio que tarda su equipo técnico en intervenir o resolver una avería después de que haya ocurrido. (Team , 2020)

$$MTBR = \frac{\text{Tiempo Total de Mantenimiento}}{\text{Número de reparaciones}}$$

- Disponibilidad indicadora muy utilizado en todo campo, hace referencia de que tanto el equipo está siempre operativo para que el área de operaciones planifique y ejecute las labores en el traslado, recepción y despacho de contenedores con el equipo (Torpoco Delgadillo & Villón Shishco, 2020) .

$$MTBF = \frac{N \text{ total de horas} - \text{Horas por mantenimiento}}{N^{\circ} \text{ total de horas}}$$

1.8 Análisis de Modo y efectos de falla

Es una de las herramientas más utilizadas en el campo de la ingeniería de confiabilidad con la norma UNE-EN 60812 (Técnicas de análisis de fiabilidad de sistemas). Procedimiento de análisis de los modos de fallo y sus efectos, el AMEF es un proceso sistemático de análisis para un equipo o proceso para identificar posibles de falla, sus causas y su posible consecuencia en el proceso.

Definición del AMEF

El AMEF, que se originó en la industria aeroespacial durante la década de 1940, se ha convertido en una herramienta esencial en la gestión de calidad y métodos de detección de fallas en todo tipo de organizaciones.

Su acrónimo proviene de las palabras "Analysis of Mode Effects and Failures". El formato AMEF se ha desplegado en tres componentes clave:

Análisis (A): Implica el proceso de identificar y describir detalladamente cada componente o función de un producto o proceso.

Modos (M): Los modos de falla son las formas en que los componentes o funciones pueden fallar.

Efectos (E): Los efectos son las consecuencias o impacto que resultan de los modos de falla.

Fallas (F): Las fallas se refieren a las condiciones o eventos en los que ocurren los modos de falla

El método AMEF tiene como principal objetivo anticipar y prevenir problemas antes de que ocurran, en lugar de simplemente reaccionar ante ellos después del hecho. El AMEF de proceso se basa en la premisa de que prevenir es más efectivo y económico que corregirlos. (SPC Consulting Group, 2012)

1.8.1 Tipos de AMEF

DAMEF o AMEF de Diseño (DFMEA):

Esta herramienta de AMEF puede usarse durante la etapa de diseño o desarrollo del producto (conociéndose con el nombre de DAMEF, agregándole la letra D por el diseño, y analiza las funciones del producto dentro del mismo).

El AMEF de Diseño es una herramienta analítica para asegurar que se han considerado todos los riesgos de diseño antes de liberar una parte a producción.

Se analizan los sistemas, subsistemas y a nivel componente, para clarificar los rangos de trabajo a los que pueden estar expuestos, así como las consecuencias que pueden surgir cuando se someten a diversas condiciones de operación.

El objetivo es dar la información requerida para que, al diseñar los procesos de manufactura, se tomen en cuenta dichos parámetros y se les asignen los controles apropiados en el proceso de acuerdo con su grado de importancia o riesgo.

PAMEF o AMEF de Proceso (PFMEA):

Posteriormente, el AMEF también se puede usar al estar definiendo nuestro proceso para la fabricación (que llamaremos PAMEF, al agregar la letra P de proceso), lo que nos permitirá analizar los pasos del proceso y las posibles fallas o problemas que pudieran suscitarse en cada uno.

El AMEF de Proceso es una herramienta para analizar las fallas potenciales de manufactura, ensamble y procesos logísticos para producir productos que cumplan con la intención de diseño.

El equipo interdisciplinario, que debe incluir a personal de la operación además de ingeniería, calidad y otras áreas, revisa cada operación y se pregunta qué posibles fallas o problemas puedan surgir que afecten a las características identificadas en el AMEF de diseño o bien a las especificaciones y funcionalidad del producto. (SPC Consulting Group, 2012)

1.8.2 Etapas de desarrollo utilizando la metodología AMEF



Fig. 13 Etapas de la metodología AMEF

Fuente: [https://www.fracttal.com/hs-fs/hubfs/800x800-agosto-10-pasos-en-el-proceso-fmea-esp-blog%20\(2\).webp](https://www.fracttal.com/hs-fs/hubfs/800x800-agosto-10-pasos-en-el-proceso-fmea-esp-blog%20(2).webp)

Su propósito es identificar los tipos de fallas de los equipos como se puede observar en la tabla para que el personal pueda detectar cuando el equipo no está funcionando correctamente, cuales son las causas y finalmente las posibles consecuencias durante la operación, con el fin de eliminar errores o reducir los riesgos asociados a los mismos.

Tabla 2. Clasificación de las fallas

Fuente: <https://spcgroup.com.mx/amef-npr-sod-y-sd/>

Clasificación de fallas		
Fallas	Tempranas	Constituye una parte del total de fallas. Ocurren al principio de la vida útil y pueden causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje.
Fallas	Adultas	Se presentan con mayor frecuencia durante la vida útil y son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores.
Fallas	Tardías	Presentan una pequeña fracción de las fallas totales aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa de la vida útil.

1.8.3 Índice de prioridad de riesgos (NPR)

Es el producto de la frecuencia (F) por la gravedad (G) y por la detectabilidad (D), siendo tales factores traducibles aun código numérico adimensional que permite priorizar la urgencia de la intervención, así como el orden de las acciones correctoras. Por lo tanto, debe ser calculado para todas las causas de fallo.

$$NPR = F \times G \times D$$

Gravedad

Determina la importancia o severidad del efecto del modo de fallo potencial para el cliente; valora el nivel de consecuencias como indica la tabla, con lo que el valor del índice aumenta en función de la insatisfacción del cliente, la degradación de las prestaciones esperadas y el coste de reparación.

Tabla 3. Valores de gravedad

Fuente: <https://spcgroup.com.mx/amef-npr-sod-y-sd/>

Gravedad	Valor
Muy baja. Repercusiones imperceptibles	1
Baja. Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	2-3
Moderada. Defectos de relativa importancia	4-6
Alta	7-8
Muy Alta	9-10

Detectabilidad

Si durante todo el proceso se produce un error o una “salida” incorrecta, debemos de asesorarnos para ver qué tan probable es que no lo “identificamos” para pasar a etapas posteriores, generando las molestias al cliente, se muestra en la tabla. Cuanto más compleja sea la identificación del error existente y cuánto más tarde la identificación, más relevantes serán probablemente las consecuencias del error.

Tabla 4. Valores de detectabilidad

Fuente: <https://spcgroup.com.mx/amef-npr-sod-y-sd/>

Detectabilidad	Valor
Muy Alta	1
Alta	2-3
Mediana	4-6
Pequeña	7-8
Improbable	9-10

Frecuencia

La frecuencia indica con qué probabilidad o cuándo a menudo se espera que ocurra un determinado riesgo durante un período de tiempo determinado. Por ejemplo, una alta frecuencia sugiere que el riesgo es probable ó ocurre con regularidad, mientras que una baja frecuencia indica que es poco probable o que ocurre raramente.

Tabla 5. Valores a la frecuencia

Fuente: <https://spcgroup.com.mx/amef-npr-sod-y-sd/>

Frecuencia	Valor
Muy baja improbable	1
Baja	2-3
Moderada	4-6
Alta	7-8
Muy alta	9-10

1.9 Definición de plan de mantenimiento

Es la unión organizada de tareas documentadas que contienen, las acciones, los procedimientos, los recursos los métodos y el tiempo necesario para desarrollar el mantenimiento. En el plan de mantenimiento se gestionarán tareas de mantenimiento enfocadas a recuperar las prestaciones perdidas por el desgaste de los equipos, evitar el conjunto de averías críticas y significativas para la producción o costos mediante mantenimientos preventivos y por último el desarrollo de actividades de predicción que permitan conocer el comportamiento de la instalación. (FESTO, 2025)

1.9.1 Pasos de un plan de mantenimiento

Para implementar el plan de mantenimiento de deben seguir los siguientes pasos:

- Identificar el elemento a analizar.
- Determinación de las funciones del elemento.
- Determinación de lo que constituirá un fallo de esas funciones.
- Identificación de las causas de esos fallos funcionales.
- Identificación de los efectos de esos fallos.
- Utilización de la lógica RCM para seleccionar la estrategia adecuada.
- Documentación del programa de mantenimiento y depuración del mismo conforme se adquiere experiencia en la operación del elemento.

1.10 Introducción a la macro de Excel

Una macro es un conjunto de comandos que se almacenan en Excel de manera que están siempre disponibles cuando se necesita ejecutarlas. Las macros se utilizan principalmente para evitar tener que repetir los pasos de aquellas tareas que se realizan una y otra vez.

Las macros se escriben en un lenguaje de programación que se denomina Visual Basic for Applications (VBA). Aunque no es necesario conocer a fondo este lenguaje para crear una macro, ya que Excel contiene una herramienta especial de programación, manejar este lenguaje permite acceder a todas las funcionalidades de Excel y ampliar las posibilidades del programa.

Como para cualquier otro lenguaje de programación, hay que aprender a utilizar los comandos que le son propios, de manera que la aplicación pueda ejecutar las tareas programadas.

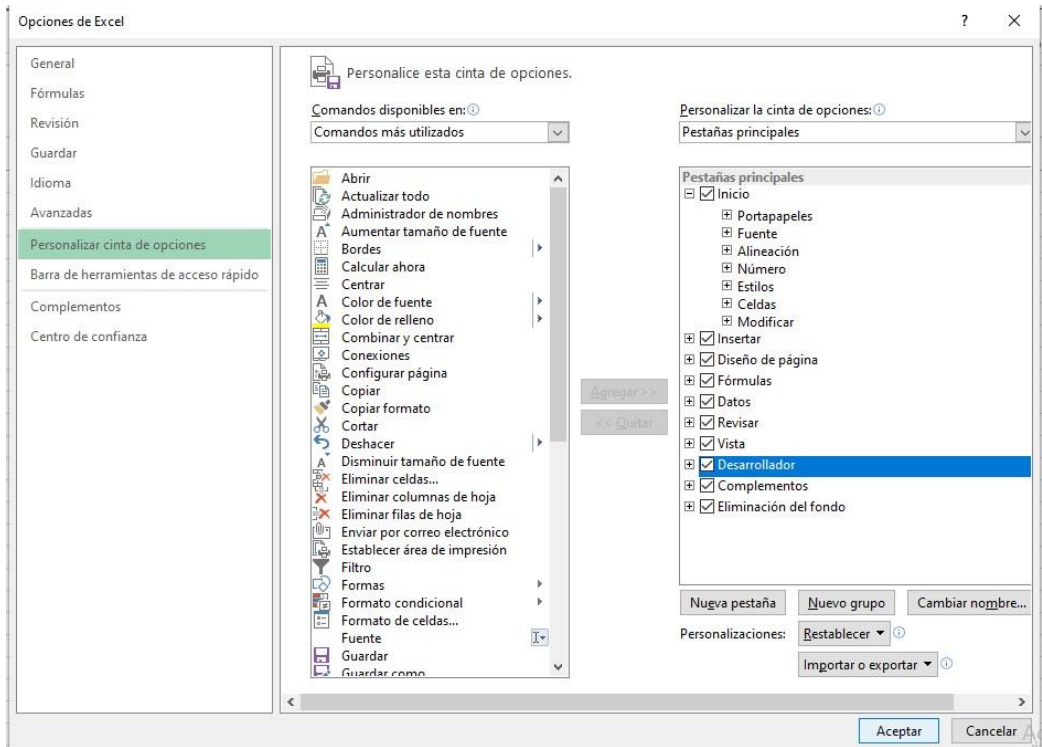


Fig. 14 Activación de programador en Excel

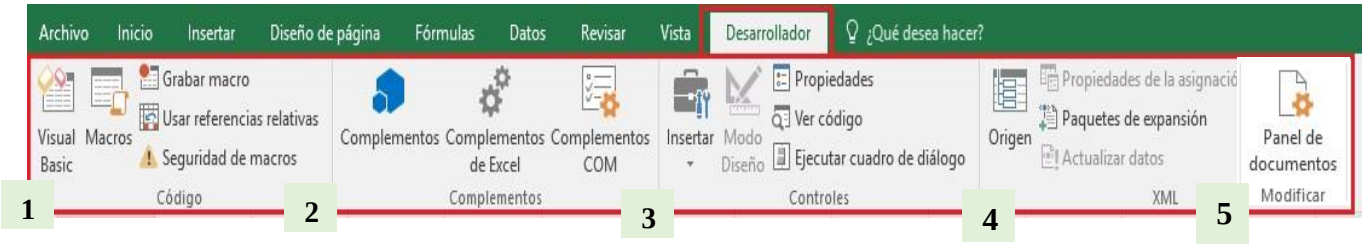
Fuente: <https://excelfull.com/excel/wp-content/uploads/2024/02/checkbox-2.png>

Las macros se pueden crear de dos maneras, utilizando un Editor de Visual Basic o utilizando la Grabadora de Macros de Excel. Ambas opciones se ejecutan desde la Ficha Programador de la cinta de opciones. Al igual que ocurría con el Solver, la Ficha Programador no aparece por defecto al abrir la aplicación, sino que es necesario activarla. Para ello, desde la Ficha Archivo, hay que seleccionar Opciones → Opciones de Excel → Personalizar la cinta de opciones → seleccionar la opción Programador o Desarrollador.

La Ficha Programador tiene el siguiente aspecto:

Tabla 6. Menú de ficha programador

Fuente: https://autoincremental.es/wp-content/uploads/2016/01/Excel_Desarrollador.png



1. El Grupo **Código** contiene los comandos necesarios para inicial el Editor de Visual Basic dónde se puede escribir directamente código VBA. También permite ver la lista de macros disponibles para poder ejecutarlas o eliminarlas. También contiene el comando Grabar Macro, que permite crear una nueva macro sin necesidad de conocer programación en VBA.
2. El Grupo **Complementos** permite habilitar y administrar complementos como el Solver.
3. El Grupo **Controles** permite agregar controles especiales a una hoja de Excel, tales como botones, casillas de verificación, botones de opciones, etc.
4. El Grupo **XML** permite trabajar con ficheros XML.
5. El Grupo **Modificar** contiene únicamente el comando Panel de Documentos.

2. PROCEDIMIENTO O DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

2.1. Identificación de los equipos de producción

Procedimiento:

Distribuidora de Empaques Ravasa es una empresa que se dedica a la venta de empaques de plástico, con experiencia de 20 años en Tlaxcala, México. Está orientada a la fabricación de productos para empaque de uso industrial y grado alimenticio. Ofrece una variedad de opciones de empaques, incluyendo cajas de cartón en diferentes medidas

Durante las primeras semanas se realizó un recorrido de todas las instalaciones de la planta para identificar las áreas, los equipos, cual es la función que desempeñan e identificar y conocer el proceso para la elaboración de cajas.

En este recorrido se identificaron las siguientes máquinas y su proceso de operación:

Engrapadora manual de cajas: Máquina engrapadora manual para colocar grapas metálicas en las esquinas o bordes de cajas de corrugado de flauta “B”, “C” y doble corrugado.

Proceso de engrapado:

1.- Se colocan las grapas en el mecanismo de carga, el operador coloca la cabeza de la engrapadora sobre el borde de la caja a cerrar, asegurando de que la grapa quede ubicada en la posición correcta para sujetar las solapas.

2.- Al presionar la palanca se activa el mecanismo que impulsa el punzón hacia abajo. El punzón atraviesa el cartón y al impactar contra la grapa, la fija en ambas caras del material, asegurando el cierre de la caja.

El mecanismo de ajuste regula profundidad de la inserción de la grapa para el diferente grosor de la caja.

3.- El proceso se repite en diferentes esquinas para cerrar la caja de forma segura.



Fig. 15 Engrapadora manual

Fuente: Foto tomada por Ana Karina Baez Martinez

Hojeadora mecánica “Liner”: Esta máquina tiene la función de hojear cartón corrugado de dos papeles (cara sencilla).



Fig. 16 Máquina Hojeadora "Liner"

Fuente: Foto tomada por Ana Karina Baez Martinez

Proceso de operación:

1.- Primero se deben de ajustar las dimensiones y la cantidad de hojas que desees cortar, según las especificaciones del trabajo requerido.

2.- Después se deben revisar que las cuchillas estén afilados y los cortadores de la parte inferior e exterior esten correctamente colocados y alineados para un corte limpio.

3.-Colocar el rodillo de papel kraft en el alimentador manual y asegurarse de que esté alineado correctamente.

4.-Ajustar los topes para delimitar el tamaño final de las hojas, encender la máquina realizar una prueba con un material para veificar el ajuste que se debe realizar y calidad del corte, el mecanismo de la hojeadora realiza el corte mecánico en serie, corte a corte.

5.-Por último se retiran las hojas cortadas y se verifica que cumpla con las dimensiones establecidas.



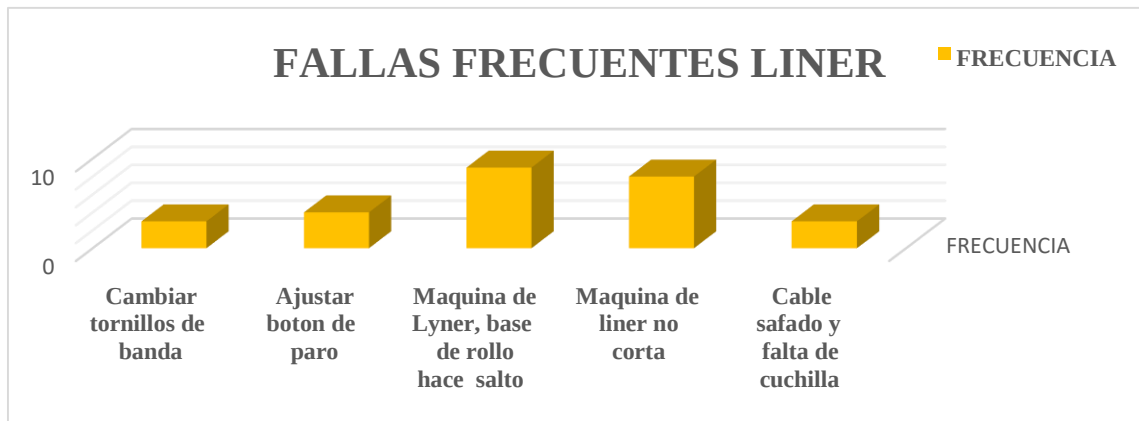
Fig. 17 Proceso de corte papel Kraft

Fuente: Foto tomada por Ana Karina Baez Martinez

FALLAS	FRECUENCIA
Cambiar tornillos de banda	3
Ajustar botón de paro	4
Máquina de Liner, base de rollo hace salto	9
Máquina de Liner no corta	8
Cable safado y falta de cuchilla	3

Tabla 7. Fallas frecuentes de liner

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez



Impresora Flexográfica Semiautomática: La máquina se encarga de imprimir diseños complejos, textos, y gráficos con buena definición y colores vivos, utilizando tintas a base de agua que secan rápido y ofrecen buena adherencia. También realiza el troqueleado, que es un proceso para cortar, dar forma y perforar la caja de cartón de acuerdo al plano.



Fig. 18 Impresora Flexográfica

Fuente: Foto tomada por Ana Karina Baez Martinez

Proceso de impresión y operación:

- 1.-Solicitud de materia prima de la rayadora
- 2.-Reestablecer el suministro eléctrico
- 3.-Subir los interruptores de la Flexográfica y verificar que no haya cortocircuitos.
- 4.- Desactivar el botón o interruptor de paro de emergencia para realizar operación de la misma de forma segura.

5.-Colocar las ranuras a los cuellos de los rodillos, ajuste del maneral (herramienta para sujetar los suajes firmemente) posteriormente se aprietan los tornillos y cuellos para garantizar su precisión y estabilidad durante la impresión.



Fig. 19 Colocación de ranuras en el tambor de suaje

Fuente: Foto tomada por Ana Karina Baez Martinez

5.-Desactivar el seguro general del módulo 1-4, para liberar la protección de seguridad y ajustar los rayadores que son las cuchillas que cortan o raspan para definir la impresión, los pre-rayadores son las guías para preparar la impresión. Asegurar que estos componentes estén apretados, alineados uno del otro para garantizar una impresión precisa y de calidad.



Fig. 20 Pre- rayadores y rayadores

Fuente: Foto tomada por Ana Karina Baez Martinez

6.- Colocación del grabado de impresión en los cilindros giratorios y verificar que el cilindro de grabado esté limpio y en buenas condiciones.

7.- Posicionar las carretillas en su lugar, asegurándose de que estén alineadas con los cilindros de impresión, ajustando las guías y tornillos para que las carretillas tengan el recorrido adecuado.

8.-Ajustar la presión entre los rodillos de impresión, el cilindro, y Corel roll para obtener una impresión clara.



Fig. 21 Core roll y rodillos de impresión

Fuente: Foto tomada por Ana Karina Baez Martinez

9.- Confirmar que todos los módulos estén correctamente asegurados y cerrados antes de iniciar la impresión.

10.- Posteriormente ubicar el bote de tinta y colocarlo en el módulo 3, asegurándose de que esté bien anclado, conectar las mangueras de suministro de tinta al depósito y a la máquina, encender la bomba de aire para facilitar la circulación y presión del sistema.

Llenar el depósito de pintura, verificando que no haya fugas y que se cumplan los niveles adecuados y comprobar que la tinta fluya correctamente hacia los rodillos y cilindros de impresión.

11.- Ajustar los topes laterales de mesa de trabajo para limitar el desplazamiento de la lámina, para evitar desplazamientos durante el proceso.



Fig. 22 Mesa de trabajo de la Flexo

Fuente: Foto tomada por Ana Karina Baez Martinez

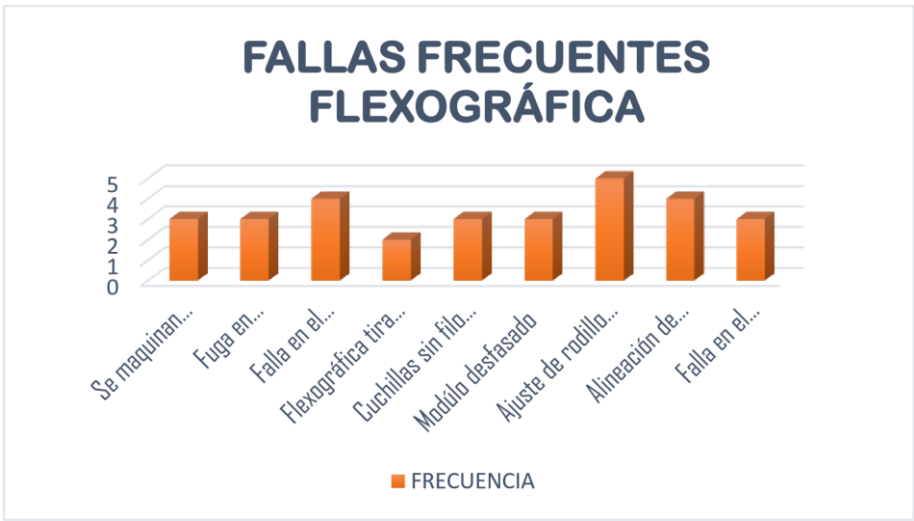
12.-Por último, se inicia la máquina en modo de prueba, impresión de la lámina de cartón colocada, e inspecciona la lámina impresa para detectar errores.

A continuación, se presentan las fallas más recurrentes identificadas en la bitácora proporcionada por el departamento de mantenimiento:

Tabla 8. Fallas frecuentes Flexográfica

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

FALLAS	FRECUENCIA
Se maquinan catarinas del alimentador (cuñero)	3
Fuga en conexiones de aire y mangueras de tinta	3
Falla en el sensor del amortiguador	4
Flexográfica tira aceite	2
Cuchillas sin filo Flexografica 1	3
Modulo desfasado	3
Ajuste de rodillo de tinta	5
Alineación de rodillo y ajuste de presión	4
Falla en el potenciómetro	3



Refiladora / Rayadora: Máquina para hojear cartón corrugado de dos papeles (cara sencilla), marcar doblez y refilar hojas de cartón corrugado. Cuchillas de acero de alta resistencia. Corte giratorio de cuchilla superior y fija para cuchilla inferior. Contador, salida frontal, sistema refilado longitudinal con tres pares de cuchillas de disco, velocidad variable. Cuenta con sistema de transmisión P.I.V. para el ajuste manual de las medidas de corte longitudinal.



Fig. 23 Máquina Rayadora

Fuente: Foto tomada por Ana Karina Baez Martinez

Proceso de rayado:

- 1.-Verificar del estado de la máquina, asegurando que esté limpia y en condiciones óptimas.
- 2.-Selección y preparación de las láminas de corrugado que serán rayadas, después se debe ajustar el sistema de transmisión de la máquina según el grosor y el tipo de lámina a trabajar. Ajustar los guardas al ancho de la lámina a trabajar.
- 3.- Posteriormente se ajustan los rayadores para obtener la profundidad y el patrón deseado de rayado de la lámina. Poner la velocidad de operación y presión para evitar daños en el material.
- 4.- Por último, se inspecciona la lámina que este bien rayada que cumpla con las especificaciones y si es necesario mejorar la calidad, se procesan las láminas requeridas, bajar la velocidad de la máquina y apagado de la máquina después de completar el proceso.

A continuación, se presentan las fallas más recurrentes identificadas en la bitácora proporcionada por el departamento de mantenimiento:

FALLAS	FRECUENCIA
Reparación, cambio de cuchilla rayadora Marvi Internacional	10
Se mueve cortador, se encima guía y se alarma variador	6
Barrenar tornillo	3

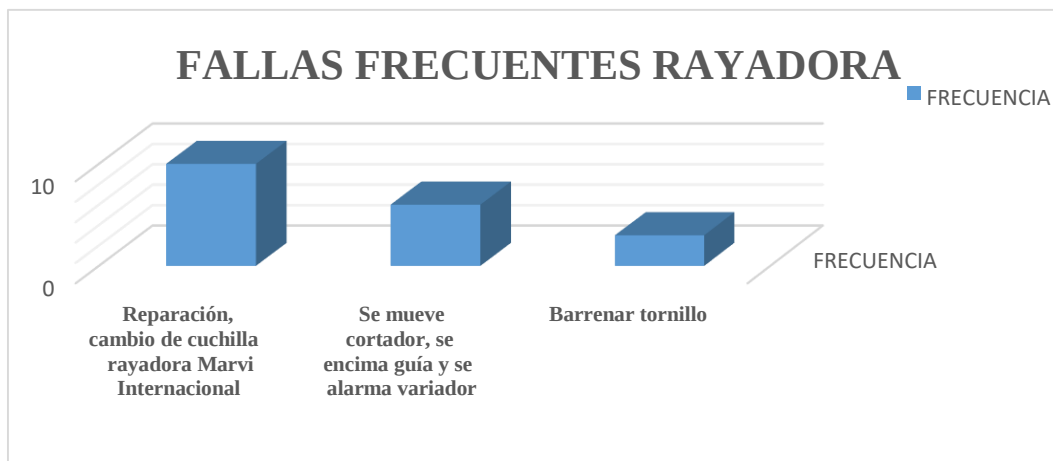


Tabla 9. Fallas más frecuentes Rayadora

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

Pegadora: Máquina para pegar cajas de cartón corrugado. Unidad de engomado de tipo de rodillo con caída desde el depósito por gravedad. Guías laterales de entrada ajustable a las dimensiones de la caja, contador de foto celda para hacer paquetes de la cantidad programada y eyector automático. Sección de escuadrado automático. La máquina se encarga de aplicar pegamento en las solapas de las cajas para que queden firmemente cerradas y selladas.



Fig. 24 Pegadora Manual

Fuente: Foto tomada por Ana Karina Baez Martinez

A continuación, se presentan las fallas más recurrentes identificadas en la bitácora proporcionada por el departamento de mantenimiento:

2.2 Búsqueda y recolección de información de los equipos

Procedimiento

- Se determinó que información se necesitará recabar sobre los equipos.
- Se recopilaron datos relevantes de cada equipo: marca, modelo, número de serie, voltaje, fecha de adquisición, características, capacidad, ubicación y especificaciones técnicas.
- Se realizaron entrevistas a los operarios de los equipos y responsables de mantenimiento para obtener información adicional de las fallas recurrentes, como es el proceso de operación, aclaración de dudas y verificar datos.
- Se elaboró un listado preliminar de los equipos existentes en el área de producción y visitas a el área para observar y verificar físicamente los equipos listados.
- Posteriormente se estableció como propuesta un sistema de codificación único a cada equipo. A continuación, se muestra un ejemplo de la estructura de codificación que se les asignó a los activos como propuesta:



Fig. 25 Codificación de las máquinas

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

RV, indica las iniciales del nombre de la empresa donde ubican los activos.

M, el tipo de segmento (máquina).

RY, indica el activo.

01, número secuencial de los activos existentes.

- Una vez teniendo toda la información recopilada, se creó un inventario actualizado de todos los equipos de producción de uso.

Descripción:

Se llevó a cabo una recopilación de datos específicos de los equipos para asignar un código de identificación único de los activos. Este procedimiento ayudará a tener un control preciso facilitando su gestión, mantenimiento, seguridad y trazabilidad del equipo.

También en el inventario se realizó un análisis de la valoración de cada equipo, el análisis realizado sobre la valoración de cada equipo se centró en evaluar cuatro aspectos

fundamentales que influyen de manera significativa en el rendimiento y la eficiencia del proceso productivo

Estos aspectos son: seguridad, calidad, producción y stock, cada uno de los cuales aporta una dimensión específica a la evaluación de los equipos y su impacto en la operación.

1.- **Seguridad.** Este aspecto se refiere a las condiciones en las que operan los equipos, la evaluación que se realizó en seguridad abarcó aspectos como la integridad estructural de cada activo, la existencia de sistemas de protección, alertas y señalizaciones.

2.- **Calidad.** Aquí se evaluó cuánto aportan los equipos a la elaboración de cajas que cumplen con los estándares de calidad apropiados, en la evaluación se consideró la precisión, la capacidad de realizar ajustes finos para cubrir los requisitos del producto final.

3.- **Producción.** Se evaluó su rendimiento, velocidad de operación, disponibilidad y los fallos frecuentes en el proceso.

4.- **Stock.** El análisis que se tomó en este aspecto a considerar, activos de repuesto (que realicen las mismas funciones, otro activo igual) refacciones y materiales de mantenimiento.

Tabla 10. Inventario de los activos

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

 INVENTARIO DE MAQUINARIA													CODIGO:	
													FECHA DE VERSION:	
													NO. DE VERSION:	
CÓDIGO	AREA	DESCRIPCIÓN	SEGMENTO	MARCA	MODELO	No. SERIE	CAPACIDAD	UBICACIÓN	VALORACIÓN DEL EQUIPO	SEGURIDAD	CALIDAD	PRODUCCIÓN	STOCK	COMENTARIOS
RVMRY01	Producción	RAYADORA 1	Máquina	MARVI INTERNACIONAL	EASY SLITT IV	N18020 2	220 V	División de corrugados	4	1	1	1	1	
RVMFX01	Producción	FLEXOGRÁFICA 1	Máquina	MARVI INTERNACIONAL	EASY PRINTT IV	3111	220/380 V	División de corrugados	4	1	1	1	1	
RVMPM01	Producción	PEGADORA MANUAL	Máquina	MARVI INTERNACIONAL	FG2800	201312 1802	220 V	División de corrugados	3	1	1	1	0	
RVMLI01	Producción	LINER	Máquina	MARVI INTERNACIONAL	YPM70	1804	220 V	División de corrugados	4	1	1	1	1	
RVMEN01	Producción	ENGRAPADO RA	Máquina	MARVI INTERNACIONAL	BS1300	1332	220 V	División de corrugados	2	1	1	0	0	

Tabla 11. Estatus de valoración de los equipos

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

VALORACIÓN DE EQUIPO	
Critico	Aquel que detiene el proceso de producción y no se puede sustituir de manera inmediata
Medio	Aquel que puede detener el proceso pero puede ser sustituido de manera inmediata
Bajo	Aquel que no afecta el proceso de producción

2.3 Revisión y análisis del proceso de mantenimiento, formatos y registros

Procedimiento:

Se hizo un análisis del diagrama de flujo proporcionado por el departamento de mantenimiento, en el cual representa los pasos, la estructura de las actividades y decisiones involucradas para la mejora continua de la gestión de mantenimiento, como se muestra en la fig.

Posteriormente se identificó en el diagrama las etapas dónde ocurren retrasos, cuellos de botella que retrasan todo el flujo de trabajo, tareas pendientes y los riesgos en las actividades del proceso de mantenimiento, trayendo como beneficio la reducción de paradas, flujo estable, satisfacción del activo y cliente.

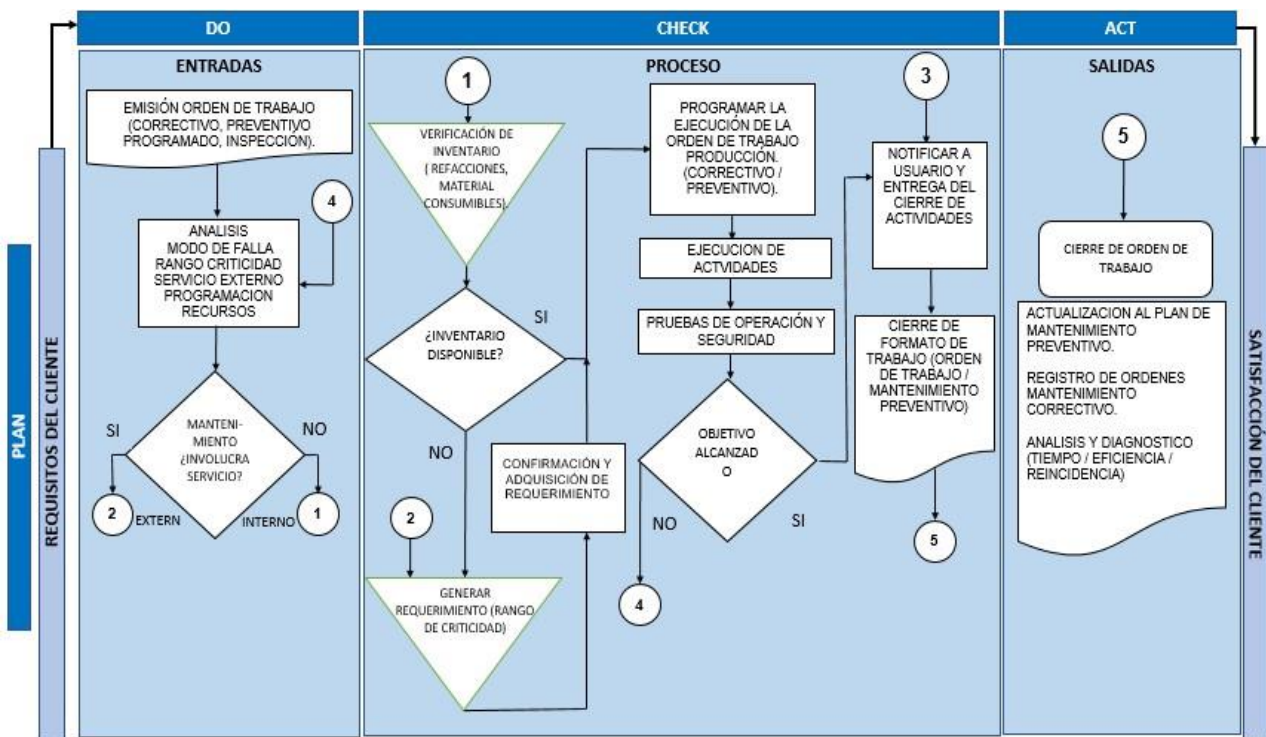


Fig. 26 Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento

Fuente: Información proporcionada por departamento de mantenimiento

Al análisis previo en el diagrama de flujo se obtuvieron los riesgos en el proceso que no permiten la ejecución de todas las etapas, el riesgo potencial que puede causar un daño que se mantiene oculto, desencadenando un evento adverso en el futuro y las medidas de control tempranas antes de que surjan problemas mayores (fallas inesperadas, tiempos muertos).

Tabla 12. Identificación de los riesgos en el proceso de mantenimiento

Fuente: *Elaborado por Ana Karina Baez Martinez*

RIESGOS DEL PROCESO		
ACTIVIDAD PROCESO	RIESGO POTENCIAL	MEDIDA DE CONTROL
ORDENES DE TRABAJO ABIERTA	PROLONGAR EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DISMINUIR CORRECTIVOS
	EQUIPOS, MAQUINAS Y/O ACTIVOS SIN REPARACIÓN	ASIGNAR NIVEL DE CRITICIDAD EQUIPOS. VERIFICACION DE SUSTITUTOS
SUMINISTRO ALMACEN DE REFACCIONES	NO TENER INVENTARIO DE LAS REFACCIONES	CONTROL DE INVENTARIO
TRABAJOS CON PROVEEDORES EXTERNOS	INCUMPLIMIENTO INTEGRAL DE LOS REQUERIMIENTOS	PROCESO DE EVALUACION DE PROVEEDORES, REVISION POR DEPARTAMENTO MANTENIMIENTO
ESPECIFICACION DEL TRABAJO A REALIZAR, ORDEN DE TRABAJO	ACTIVIDADES DE RE-TRABAJOS	ESPECIFICACION EN LA SOLICITUD DE ORDEN DE TRABAJO
SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DESPUES DEL MANTENIMIENTO	EXPOSICION A RIESGO / DAÑO FISICO O MATERIAL	RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CURSOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL
VALIDACIÓN DEL MANTENIMIENTO	DETECTAR QUE EL MANTENIMIENTO NO SE REALIZO CORRECTAMENTE	REGISTRO DE MANTENIMIENTOS RUTINA DE MANTENIMIENTO
REALIZAR MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS A EQUIPOS EN USO	PAROS DE PRODUCCION POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DIFUSION Y PLANEACION CON RESPECTO A LA PERIODICIDAD DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

2.4 Evaluación de los riesgos con el método AMEF

Procedimiento:

Se realizó un AMEF para tomar acciones preventivas, identificando los posibles fallos en los activos, evaluar su impacto y priorizar las acciones para mitigar sus riesgos identificados anteriormente en la mejora continua del proceso.

- Se identificó y se realizó un previo análisis en el diagrama de flujo, para delimitar las etapas a desarrollar.
- Se elaboró un borrador de la estructura del AMEF, en primer lugar, se listaron las actividades a involucrar en este análisis.
- En cada actividad se determinó los potenciales modos de fallo que no permiten continuar con el proceso, en cual influyen factores tales como: paros en la máquina, falta de reparaciones, mantenimiento y especificaciones con los trabajos por parte de proveedores externos.

Tabla 13.Modos de Fallos

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

ACTIVIDAD	MODO DE FALLO
ORDENES DE TRABAJO EN PROCESO	PARO DE MAQUINAS CONSTANTE O PENDIENTES POR REPARAR
SUMINISTRO ALMACEN DE REFACCIONES	FALTA EN EL SUMINISTRO DE REFACCIONES
TRABAJOS CON PROVEEDORES EXTERNOS	FALTA DE ESPECIFICACIONES Y CALIDAD TRABAJO FINAL
SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DESPUES DEL MANTENIMIENTO	GENERAR ACCIDENTE O INCIDENTE DURANTE DE LA INTERVENCION MANTENIMIENTO
RECURSOS (HERRAMIENTA) NECESARIOS PARA LA EJECUCION DE MANTENIMIENTOS	ENSABLES O REPARACIONES INCORRECTAS
EJECUCION DE ORDENES DE TRABAJO	NO SE CUMPLE CON LOS REQUISITOS DEL CLIENTE
CONTROL DE PROPIEDAD INTERNA Y EXTERNA (PROVEEDOR)	ACTIVOS EXTRAVIADOS
REALIZAR MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS A EQUIPOS EN USO	FALTA DE MANTENIMIENTO A MAQUINAS EQUIPOS ACTIVOS
TRAZABILIDAD DESEMPEÑO DE ACTIVOS	RECURRENCIA A PAROS
VALIDACIÓN DEL MANTENIMIENTO	SEGUIMIENTO ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO
COBERTURA DE MANTENIMIENTO	ATENCION AL CLIENTE COBERTURA TURNOS DE PRODUCCION

Para cada modo de falla, identificados (los potenciales y los ya ocurridos) debemos determinar los efectos que genera, es decir, las consecuencias que tendría cada actividad en el proceso.

Se evaluó la gravedad del efecto en una escala del 1-10, donde 1 es de menor impacto y 10 ya se considera catastrófico. La siguiente tabla nos orientó para asignar una calificación a (gravedad/severidad).

Tabla 14.Valores de gravedad

Fuente: <https://spcgroup.com.mx/amef-npr-sod-y-sd/>

Gravedad	Criterio	Valor
Muy baja	No es razonable que este el fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente, ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja	El tipo de fallo originaria un ligero inconveniente al cliente. Probablemente este observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsariable.	2-3
Moderada	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El falló puede ser crítico y verse inutilizado en el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8

Muy alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso e involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponden un 10.	9-10
-----------------	--	------

- Para cada una los modos de fallo, debemos determinar las causas que la generan, al encontrar la causa por la cual se presentan los riesgos potenciales las actividades darán buenos resultados en el proceso de mejora continua.
- Posteriormente se evaluó el índice de ocurrencia o frecuencia, que quiere decir la estimación probabilidad de que ocurra un fallo por la causa. Al igual que la severidad, la ocurrencia se suele dar valor en una escala del 1 al 10, siendo 1 muy improbable y 10 inevitable.

Tabla 15. Valores de la ocurrencia

Fuente: <https://spcgroup.com.mx/amef-npr-sod-y-sd/>

Frecuencia	Criterio	Valor
Muy baja	Ningún fallo se asocia a proceso casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente /sistema.	4-6
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	7-8
Muy alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

A partir de las causas anotadas, ahora identificamos los controles. Posteriormente se calificará el valor de detección a cada control, es decir se estimará que tanto pueden detectar su modo de falla. También se califica en la escala del 1-10. Siendo 1 la certeza en que se detecta la falla y 10 que no se detecta. Una vez concluyendo estos puntos se procedió a efectuar el cálculo de índice de prioridad de riesgos NPR, según la normativa UNEN IEC 60812 utilizando escalas del 1-10 evaluando los tres criterios para la detección del riesgo los cuales son: gravedad, ocurrencia y detección.

$$NPR = S \times O \times D$$

El número de Prioridad de Riesgo se calculó para priorizar los modos de fallos y sus causas son los resultados obtenidos, se identificaron los RPN altos e priorizaron acciones correctivas para reducir la gravedad, ocurrencia y mejorar la detección.

Tabla 16. Análisis de modo de fallas y efecto

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

ANALISIS MODO DE FALLA Y EFECTO AMEF													
ACTIVIDAD	MODO DE FALLO	EFEECTO	S	CAUSA	O	CONTROLES				ACCIONES			
						D	N	P	R	S	O	D	NPR
ORDENES DE TRABAJO EN PROCESO	PARO DE MAQUINAS CONSTANTE O PENDIENTES POR REPARAR	MAQUINAS SIN PRODUCCION	9	ACUMULACION DE MAQUINAS DETENIDAS POR FALLA	8	2	144			EJECUTAR PLAN DE MANTENIMIENTO, INSPECCIONES Y RUTINAS DE MANTENIMIENTO	5	4	2 40
SUMINISTRO ALMACEN DE REFACCIONES	FALTA EN EL SUMINISTRO DE REFACCIONES	PARO DE MAQUINAS POR FALTA DE REFACCIONAMIENTO	8	FALTA DE ADMINISTRACION MAXIMOS Y MINIMOS	5	3	120			CONTEOS CICLICOS, REVISION MINIMOS Y PUNTOS DE REORDEN	3	2	3 18
TRABAJOS CON PROVEEDORES EXTERNOS	FALTA DE ESPECIFICACIONES Y CALIDAD TRABAJO FINAL	RETRASAR TRABAJOS PENDIENTES AL AREA SOLICITANTE	5	LA REQUISICION NO FUE CLARA O NO SE CUMPLE LAS ESPECIFICACIONES POR PROVEEDOR.	6	2	60			ACOMPANIAMIENTO CON PROVEEDOR ESPECIFICACION TECNICA AL PROCESO	5	3	2 30
SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DESPUES DEL MANTENIMIENTO	GENERAR ACCIDENTE O INCIDENTE DURANTE DE LA INTERVENCION MANTENIMIENTO	PROLONGAR O DETENER LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	8	FALTA DE CAPACITACION SEGURIDAD INDUSTRIAL	8	3	240			SUPERVISION DE ACTIVIDADES, RUTINAS INSPECCIONES SEGURIDAD	6	3	2 36
RECURSOS (HERRAMIENTA) NECESARIOS PARA LA EJECUCION DE MANTENIMIENTOS	ENSABLES O REPARACIONES INCORRECTAS	PROLONGAR ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	4	FALTA DE LEVANTAMIENTO DE NECESIDADES Y RECURSOS	6	3	72			INSPECCION HERRAMIENTA, S'S	3	2	1 6
EJECUCION DE ORDENES DE TRABAJO	NO SE CUMPLE CON LOS REQUISITOS DEL CLIENTE	RETRABAJAR LA ORDEN, PROLONGAR LA ACTIVIDAD	3	FALTA DE ESPECIFICACIONES	3	2	18			VERIFICACION EN PISO Y CON EL AREA SOLICITANTE DE LA REQUISICION	4	2	1 8
CONTROL DE PROPIEDAD INTERNA Y EXTERNA (PROVEEDOR)	ACTIVOS EXTRAVIADOS	INCUMPLIMIENTO RESGUARDO DE PROPIEDAD EXTERNO, AFECTACION ACTIVIDADES EN EL PROCESO	2	FALTA DE CONTROL DE ACTIVOS	7	2	28			AUDITORIA INSPECCION HERRAMIENTA, S'S	2	2	1 4
REALIZAR MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS A EQUIPOS EN USO	FALTA DE MANTENIMIENTO A MAQUINAS EQUIPOS ACTIVOS	MAQUINA, EQUIPO ACTIVO CON PROBABILIDAD DE FALLA	7	FALTA DE CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES ANUAL PLAN DE MANTENIMIENTO	9	3	183			EJECUTAR PLAN DE MANTENIMIENTO, INFORMAR A LAS AREAS RELACIONADAS	5	4	2 40
TRAZABILIDAD DESEMPEÑO DE ACTIVOS	RECURRENCIA A PAROS	PARO DE MAQUINAS CONSTANTE REPETIBILIDAD FALLAS	6	FALTA DE CONTROL DESEMPEÑO Y TRAZABILIDAD DE ACTIVOS	8	4	192			CONTROL DESEMPEÑO POR ACTIVOS REPETIBILIDAD TIEMPOS DE PARO, CONTROL DE GASTOS	6	4	2 48
VALIDACIÓN DEL MANTENIMIENTO	SEGUIMIENTO ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	MAQUINA, EQUIPO ACTIVO CON PROBABILIDAD DE FALLA	1	FALTA DE SEGUIMIENTO ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	5	2	10			FORMATOS CON FIRMAS DE VERIFICACION USUARIO, TECNICO Y SUPERVISION.	4	2	1 8
COBERTURA DE MANTENIMIENTO	ATENCION AL CLIENTE COBERTURA TURNOS DE PRODUCCION	MAQUINAS PENDIENTES PARA CORRECCION FALLA, PROLONGACION DE FALLA	8	FALTA DE TECNICO(S) COBERTURA TOTAL	5	8	500			BRINDAR SOPORTE DESPUES DE LA JORNADA LABORAL	8	5	8 500

Después de realizar el análisis AMEF en el proceso de mantenimiento, se estructuró la gestión de mejoras por medio de un PDCA.

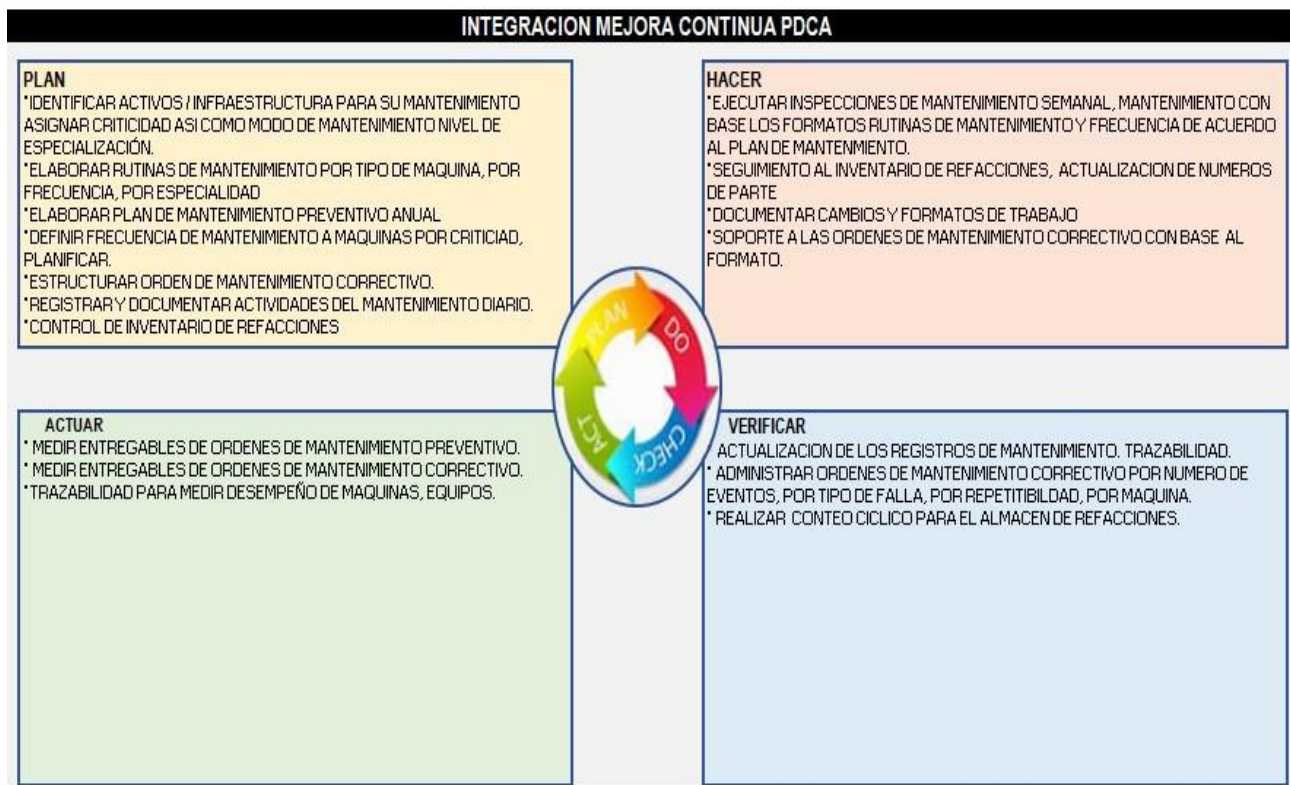


Fig. 27 Integración del PDCA

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

2.5 Elaboración de rutinas de mantenimiento preventivo y fichas técnicas

Procedimiento:

Se reunieron manuales, bitácoras, historial de mantenimiento, registros de fallas y planos de cómo están distribuidos los equipos.

De acuerdo con la información recopilada de mantenimientos preventivos y correctivos de los activos, con autorización del coordinador de mantenimiento

Para garantizar la operación continua y eficiente de los activos de corrugado se diseñaron rutinas de inspección estratégicas de mantenimiento preventivo en función del análisis actual del equipo, historial de fallas y las condiciones reales de operación.

Estas rutinas tienen como finalidad la mejora continua del sistema de mantenimiento, buen funcionamiento de los activos. Para la engrapadora, máquina Flexográfica, Pegadora, Hojeadora y Rayadora se consideraron rutinas preventivas que abarca actividades de inspección, limpieza y verificación de parámetros como amperaje, voltaje.

También asignando intervalos de frecuencia de ejecución (semanal). Posteriormente con los datos recabados de los activos se realizaron fichas técnicas que proporcionan datos precisos de identificación (código, nombre, modelo, número de serie) especificaciones técnicas (dimensiones, potencia, peso, capacidad del activo) y procedimiento de operación para el uso adecuado.

2.6 Optimización y mejora de formatos

Se revisaron los formatos existentes con el objetivo de mejorar su estructura. Como parte de este proceso se trabajó en conjunto con el personal encargado de mantenimiento para estandarizar dichos documentos bajo solo un formato oficial. Esta estandarización incluyó elementos como el encabezado, logotipo de la empresa, referencias normativas, codificación y diseño general del documento.

Los formatos que se modificaron fueron los siguientes:

Formato de orden de trabajo correctivo. En este formato se incluyó los campos tales como: codificación del equipo, segmento, número de orden de trabajo, requerimiento, descripción del trabajo realizado, hora y fecha de inicio y terminó del mantenimiento.

Bitácora de mantenimiento preventivo. Se actualizaron datos faltantes, se modificó al formato estandarizado, se implementaron e modificaron. campos tales como la codificación de los equipos, el número de orden, para llevar el control de las fallas en los activos, segmento, fecha de término de mantenimiento, requerimiento, descripción de la actividad recursos necesarios.

Bitácora de mantenimiento correctivo. Es un formato para el concentrado de información de acuerdo a la orden de trabajo, de esta manera se tiene el control de cada orden generada.

Plan de mantenimiento. En el formato se detalla la programación, frecuencia de cada activo dependiendo la criticidad, el personal del departamento de mantenimiento será el encargado de realizar las actividades que corresponden mensualmente y el registro de las actividades, cabe mencionar si un mantenimiento no se ejecuta en el tiempo establecido se podrá reprogramar, justificando por qué no se llevó acabo (la justificación se presenta cuando existe alta demanda de producción).

Requisición de material. Es un formato para el concentrado de información de las refacciones solicitadas en el área de compras, para llevar el control almacén evitando escasez o stock de cada requisición generada (cerrada, pendiente o abierta).

2.7 Diseño del programa en Excel

- Se determine que equipos serán gestionados y recopilación de los formatos a incluir.
- Se creó hojas de trabajo tales como: inventario de equipos, refacciones, bitácoras, rutinas, plan de mantenimiento, concentrado de requisición de material.
- Se diseñó la estructura del programa, tablas, formatos y se planteó la interfaz (botones que desplazarán a la visualización de tablas, datos y formatos).
- Creación de la hoja de registro mantenimientos correctivos, preventivos y concentrado de la requisición de material.
- Se realizaron hipervínculos de las imágenes de la interfaz, donde se mostrarán las fichas técnicas.
- Se utilizaron formularios para automatizar el ingreso de los datos y un módulo para procesarlos y almacenarlos en una hoja en específico.
- Posteriormente se aplicó formato condicional en las bitácoras y concentrado de material para resaltar las celdas según el estatus y criticidad.

2.8 Capacitación al personal del uso del programa

Para esta parte se realiza una reunión con las personas encargadas del mantenimiento en la empresa para explicarles sobre el funcionamiento del programa en la plataforma de Excel con la herramienta de macros en Visual Basic, para la gestión del proceso de mantenimiento y mejora continua. También se dio a conocer los beneficios de diseño la mejora en todos los formatos y su estandarización, el correcto llenado.

3. ANALISIS DE RESULTADOS

3.1 Diseño de una macro para la gestión de mantenimiento en Excel

Con el propósito obtener un mejor acceso a la información de mantenimiento primero se diseñó la estructura en el libro de Excel con varias hojas para organizar la información. En la hoja principal se visualizan los equipos con los nombres de los activos y los botones que enlazaran a cada uno de los formatos ya con las mejoras.



Fig. 28 Interfaz del programa

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

Una vez seleccionado el equipo se procederá a mostrar la ficha técnica del equipo cual se seleccionó, en la fig. se muestra.

Esto se realizó creando un hipervínculo de enlace dinámico de una hoja a otra, porque se está configurando una referencia que, al hacer clic, se desplaza automáticamente la vista a la hoja y celda que se especifica.

El hipervínculo se creó mediante la siguiente fórmula con la función `HIPERVINCULO ()`

`HIPERVINCULO ("#'Nombre de la hoja'! Celda", "Texto para mostrar")`

Tabla 17. Ficha técnica del equipo

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

Distribuidora de Empaques  La Solución para su Empaque		FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO		Código:			
Fecha de versión: 04/03/2025							
No. Versión:01							
Página 1 de 3							
Nombre		Pegadora de Cajas Semiautomática					
Modelo		FG2800					
No. Serie		2013121802					
Voltaje		220 v					
Medida		280 cm					
Marca		Marvi Internacional					
Origen		León, Gto. México					
Fecha de compra		01/06/2018					
Descripción General		Máquina para pegar cajas de cartón corrugado. Unidad de engomado de tipo de rodillo con caída desde el depósito por gravedad. Guías laterales de entrada ajustable a las dimensiones de la caja, contador de foto celda para hacer paquetes de la cantidad programada y eyector automático. Sección de escuadrado automático.					
Caracterisiticas							
Tamaño máx. de caja (cm)	Tamaño min. de caja (cm)	Espesor de corrugado (mm)	Altura de pila de alimentación (cm)	Velocidad máx. (cajas/hr)	Potencia eléctrica (kw)	Dimensiones (m)	Peso aprox. (kg)
151.5 x 280	26 x 34	1—8	100	3000	4	5.30 x 2.00 x 2.00	2150
Especificaciones técnicas del motor							
Modelo	Kw	Hz	Volts	Amperes	Rpm		
OH	0.4	50	220/380	2.14 A/1.24 A	420 r/min		
Descripción del proceso de arranque y paro							
1.- Preparación de la caja El operario coloca la caja en la máquina, asegurándose de que este bien formada y lista para ser pegada. 2.- Aplicación del pegamento La máquina aplica automáticamente el adhesivo en las pestañas de la caja, mediante rodillos. 3.-Cierre de la caja Después de la aplicación del pegamento, el operario cierra las pestañas de la caja, asegurando que el adhesivo este en contacto con las superficies. 4.- Secado y acabado Sistema de tiempo de secado adecuado, garantizando sellado firme.							

En el caso de seleccionar la orden de trabajo se abrirá una hoja de Excel, donde se muestra un formulario para automatizar el llenado de la orden, se visualizan campos con opciones para agilizar el llenado y otros campos donde requiere que se introduzca información, una vez llenado este formulario, se tiene la opción de guardarlo en formato PDF en la carpeta de descargas, para después ser impreso.

El botón de regresar mandara la hoja principal. Se muestra en la fig. 20 un fragmento del código de la macro grabada (en la macro se guardan todos los pasos realizados en Excel) para el llenado del formulario.

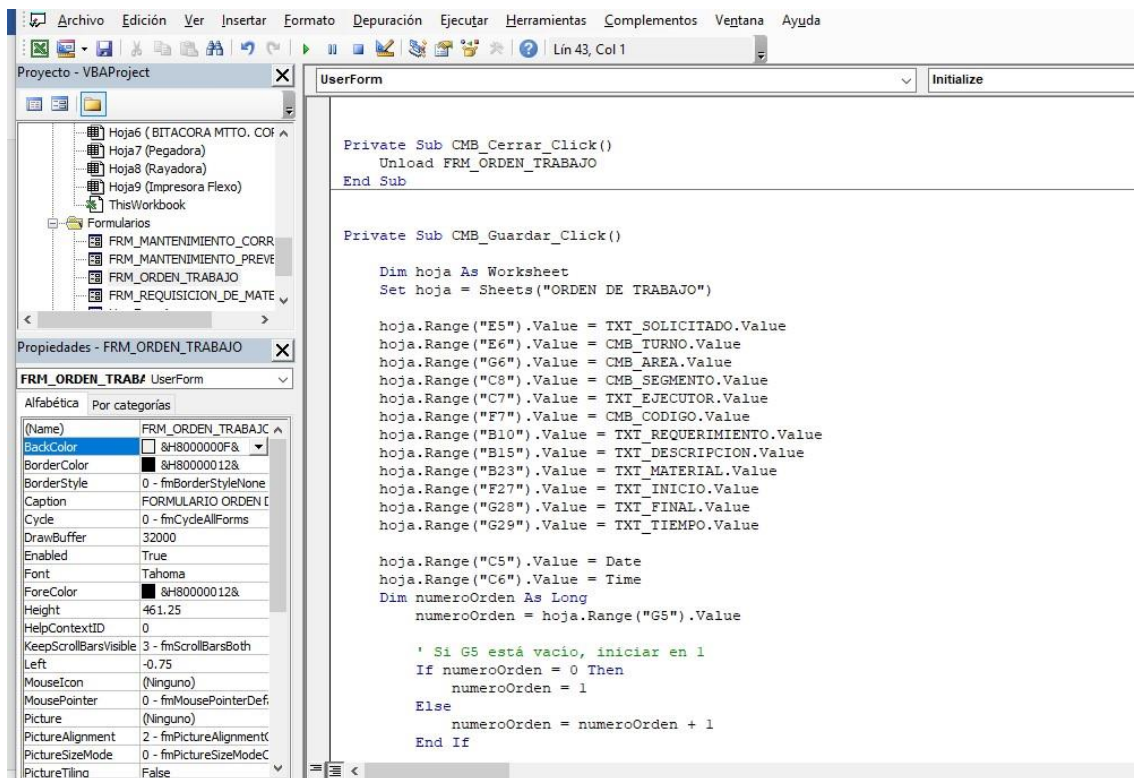


Fig. 29 Fragmento del código de formulario de la orden

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

Fig. 30 Formulario de la orden de trabajo

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

A continuación, se mostrará el antes y después de las mejoras realizadas en el formato predeterminado.

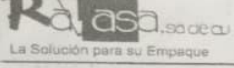
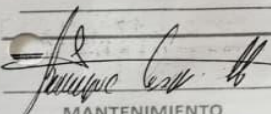
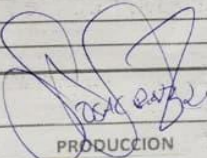
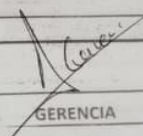
 ORDEN DE MANTENIMIENTO		Fecha de versión: 11/04/2023 No de versión: 00
TURNO: _____ FECHA: <u>30 - May - 2023</u> HORA: <u>9:15</u>	AREA: <u>Corregidas</u>	
CAUSA / MOTIVO: <u>Cambio de Ventilador dañado Pegadora 2 Grande</u>		
REALIZA: _____ HORA INICIO: <u>9:00</u> OBSERVACIONES: <u>Se realizó cambio de Ventilador dañado tabla</u> <u>Para automática corregida.</u>	HORA TERMINADO: <u>9:15</u> FECHA DE RECIBIDO: <u>30-05-23</u> FECHA DE REPARACION: <u>30-05-23</u>	
MATERIAL Y REFACCIONES REQUERIDAS: _____		
 MANTENIMIENTO	 PRODUCCION	 GERENCIA

Fig. 31 Orden de trabajo correctiva ANTES

Fuente: Información proporcionada por el departamento de mantenimiento

		ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO		CÓDIGO: EYHYF01 FECHA DE VERSIÓN: 30/05/2023 VERSIÓN: 01
FECHA DE SOLICITUD:		SOLICITADO POR:		N° ORDEN DE TRABAJO:
HORA DE SOLICITUD:		TURNO:		ÁREA:
RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:		CÓDIGO MAQUINARIA + EQUIPO:		
SEGMENTO:				
REQUERIMIENTO				
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO				
RECURSOS NECESARIOS				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN			
OBSERVACIONES				
				HORA Y FECHA DE INICIO DE MANTENIMIENTO:
				HORA Y FECHA TERMINACIÓN DE MANTENIMIENTO:
				TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO:
MANTENIMIENTO		PRODUCCION		GERENCIA
Nombre y firma		Nombre y firma		Nombre y firma

Fig. 32 Orden de mantenimiento correctivo DESPUÉS

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

- En la selección del botón de concentrado de requisición de material se disparará una ventana en la cual estarán especificadas las requisiciones solicitadas en el área de compras, el llenado de los campos será automatizado por un formulario automatizando las tareas repetitivas y reduciendo errores. Se graba una macro de los pasos que se realiza en Excel para que los reproduzca automáticamente.

REQUISICION_DE_MATERIAL

REQUISICION DE MATERIAL DE MANTENIMIENTO

TIPO DE REQUISICION:

CRITICIDAD:

DESCRIPCIÓN:

OBSERVACIONES:

FECHA DE CIERRE:

ESTATUS:

Guardar Cerrar

Fig. 33 Formulario de requisición de material

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

- Al momento de registrar la información, ésta se almacena de manera automatizada en el formato estandarizado de requisición. Además, se implementa un sistema de codificación visual mediante un esquema de tres colores que representan de manera clara y rápida la criticidad del material solicitado y el estado actual de la refacción o servicio.
- Este sistema de codificación permite categorizar la urgencia del material requerido, facilitando la priorización de procesos y la toma de decisiones operativas, además de indicar si la refacción o servicio ha sido culminado, en proceso o está pendiente de atención.

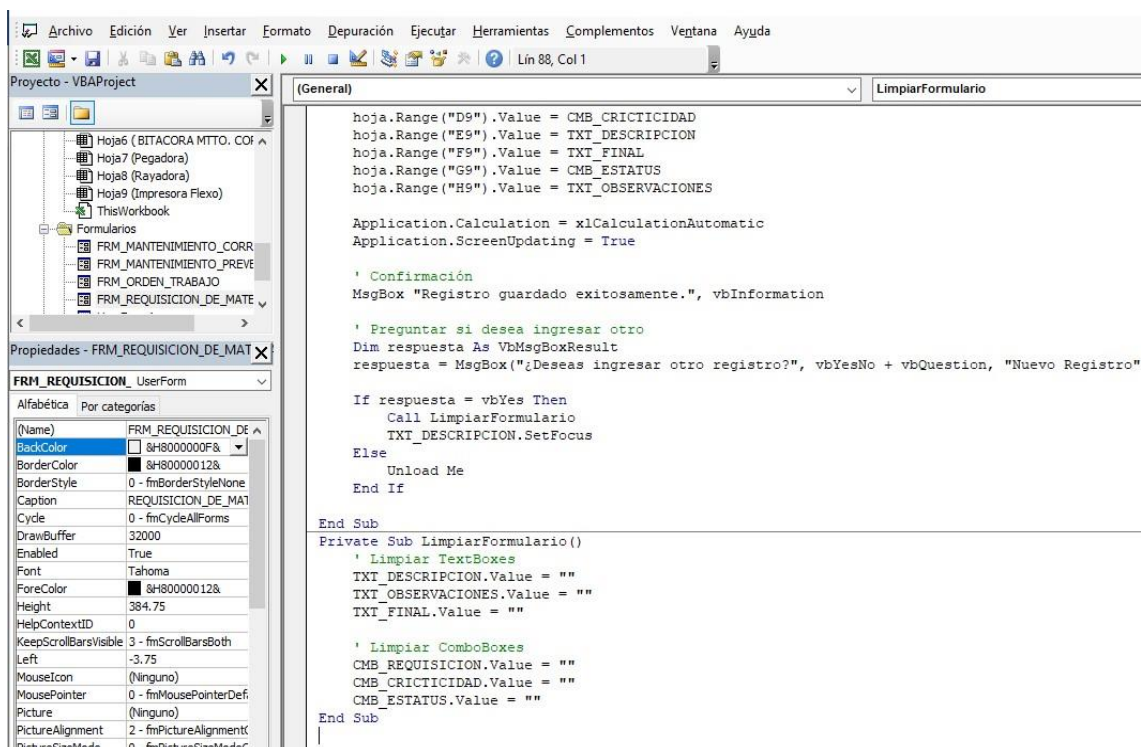
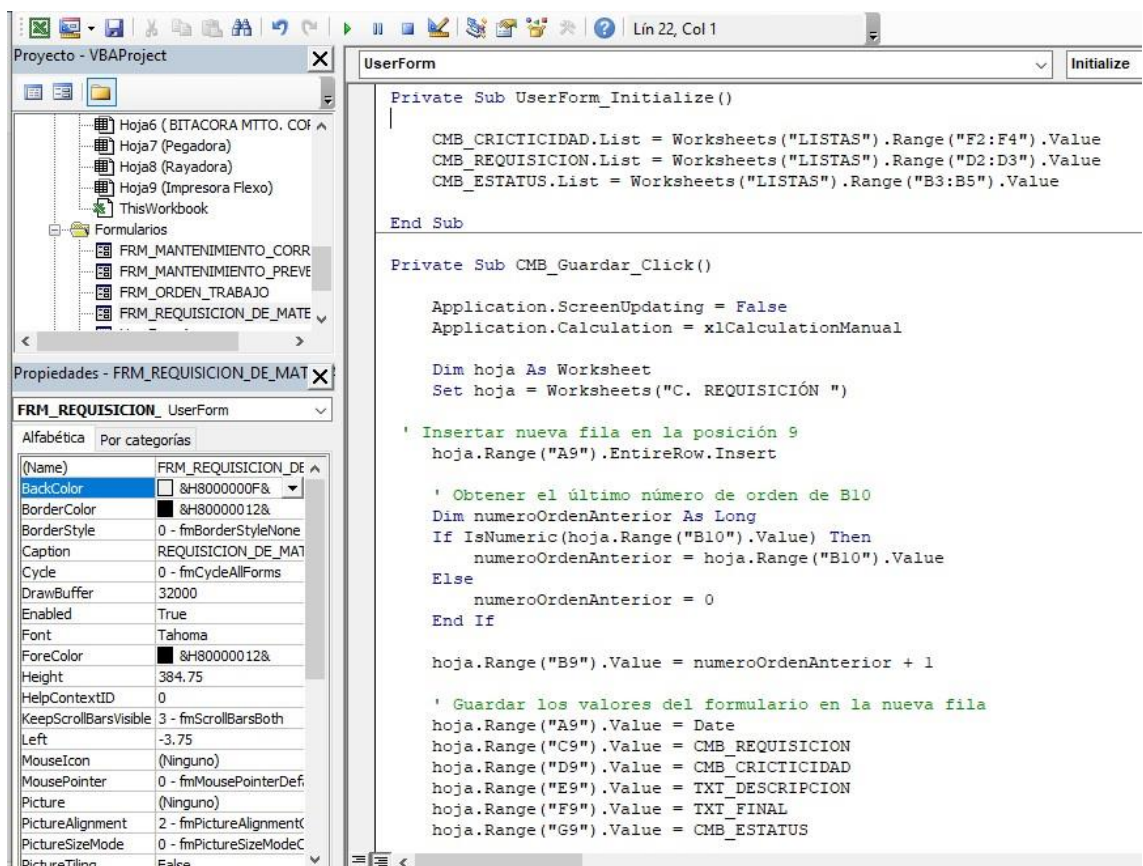


Fig. 34 Fragmento del código de la interfaz de requisición de material

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Marti

Tabla 18. Concentrado de requisición de material

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

		Concentrado de Requisición de Material de Mantenimiento					Código: RVCOF02
							Fecha de versión: 11/04/2023
							No de versión: 00
FECHA DE SOLICITUD	FOLIO	TIPO DE REQUISICIÓN	CRITICIDAD	DESCRIPCIÓN	FECHA DE CIERRE	ESTATUS	OBSERVACIONES
09/06/2025	39	REFACCION	MEDIA	Resistencias B-15362 1600 WATTS // Ajuste enchaquetado con base a muestras		PENDIENTE	Servicio o refacción de resistencias esto por cambio de cañón no da ajuste a las resistencias instaladas // Máquina de Bolsa 1
09/06/2025	38	SERVICIO	MEDIA	Fabricación de acoplamiento para cañón nuevo		PENDIENTE	Servicio de dado
06/06/2025	37	REFACCIÓN	ALTA	Rodamiento 6209EEC3		REALIZADO	Solicitud de rodamientos cero STOCK
04/06/2025	32	REFACCION	MEDIA	Discos de corte rayadora automática Mod.EASY SLITT IV		PENDIENTE	Discos para reposición en máquina rayadora
02/06/2025	35	REFACCION	MEDIA	Chumaceras UCP-211-32 // Adhesivo SIKAFLEX Negro // Válvula manual para control de aire 1/2" con 4 vías		REALIZADO	Refacciones para reponer chumaceras en STOCK // Adhesivo SIKAFLEX para sellado y eliminador de juntas
02/06/2025	34	REFACCION	MEDIA	Retén metálico para alta temperatura 40*62*8 //Ventilador para tablero, Marca:Salzer, Modelo: PD1205-220// Ventilador para tablero 220V// Contactores 220 V, DILM32-10, EATON		PENDIENTE	Retén para reductor de máquina de FLEJE 1 // Ventilador para motor de flexográfica 1 // Contactores para máquina FLEJE 2 sustituye SIEMENS 3RT2021AN20
30/05/2025	33	SERVICIO	BAJA	Afilado de cuchillas de molino		REALIZADO	Servicio para afilado de cuchillas molino, se realiza cambio 29/05/2025
28/05/2025	31	SERVICIO	MEDIA	Sellado de goteras en techumbre área de plataforma, compresor nave de corrugados		PENDIENTE	Servicio para sellado de goteras
28/05/2025	30	REFACCION	MEDIA	Banda tipo B86		PENDIENTE	Para reposición de mantenimiento ya que no se cuenta con STOCK

- Lo mismo para la selección del botón de bitácora de mantenimiento preventivo y correctivo se mostrará la interfaz de un formulario automatizado, para esta actividad del proyecto fue más prolongada, repetitiva y detallada pero no se presentó mayor complejidad. Simplemente lo desafiante fue la carga a la base de datos, de todos los mantenimientos correctivos realizados en el presente año.

A continuación, se presenta un fragmento de código, para cargar información en el formulario.

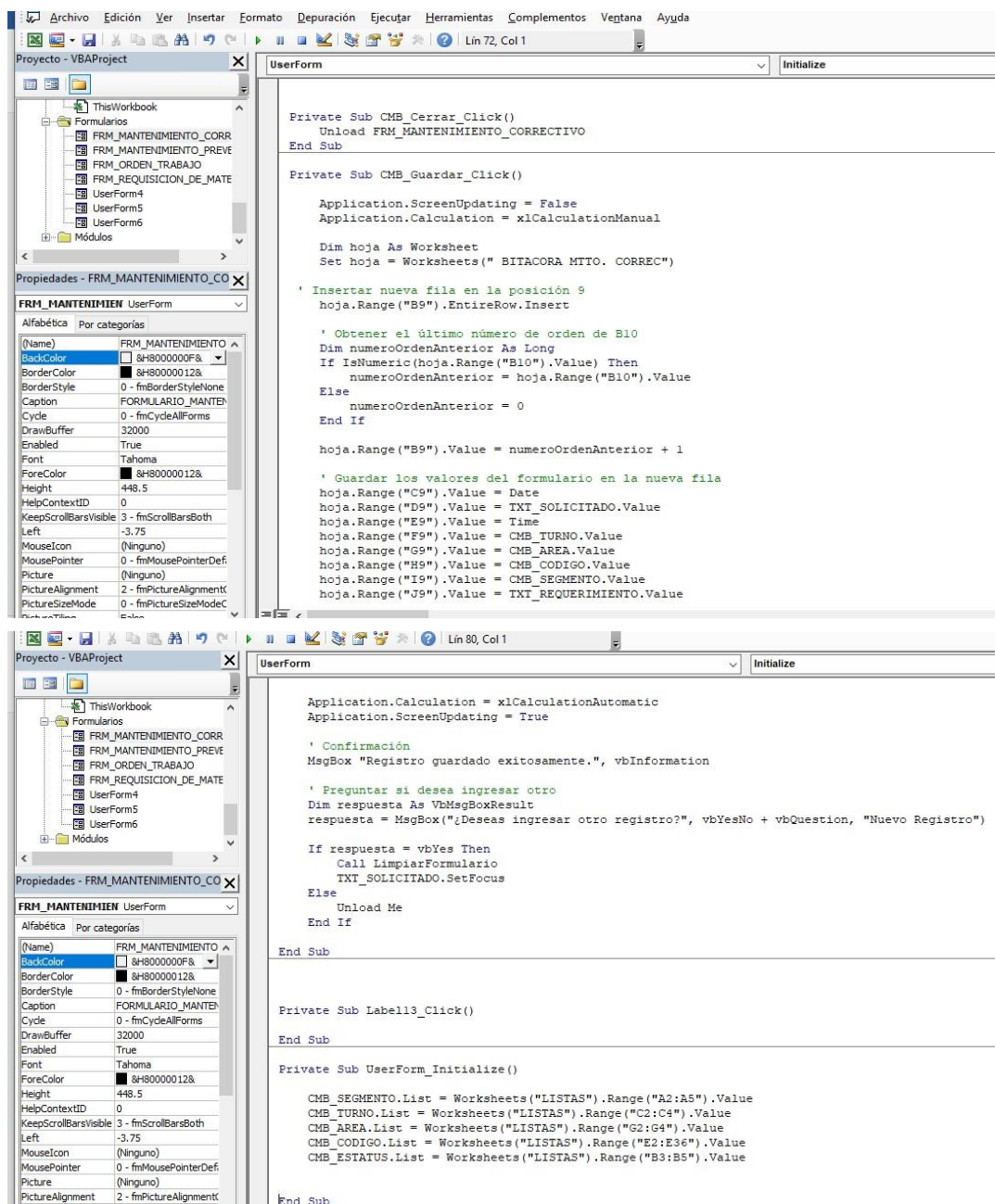


Fig. 35 Fragmento de código del formulario de la bitácora

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

A continuación, se muestra el antes y después de mejora en la bitácora de mantenimiento correctivo.

Tabla 19. Antes y Después de mejoras de la bitácora

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

Distribuidora de Empaques RaZasa .sa de cv La Solución para su Empaque										Código: RVMTF04		
										Fecha de versión: 11/04/2023		
										No. de versión: 00		
FECHA D.R	OPERADOR	AREA	MAQUINA	REPORTE	TIEMPO	REFACCION	REPORTE DE MANTENIMIENTO	ESTATUS	REALIZA MANTENIMIENTO	FECHA A.DO	OBSERVACIONES	
18-sep	Jorge cuatecalt	Corrugado	Flexo 1	Cuñero para la impresora	3 hrs	Maquinado	Se maquinan catarinas de alimentador y se colocan opresores nuevos	Realizado	Erick/Miguel	27-may		
07-feb	Jorge Mendoza		Flexo 1	Mangueras y conexiones de aire, fuga de	2 hrs	Regulador 10mm* 3/8	regulador Se remplaza valvula 1/2" por daño interno de trabajo se revisan conexiones y se detecta con daño interno	Finalizado	Erick/Miguel	07-feb		
13-feb	Adair Romo		Flexo 1	Falla del sensor del amortiguador	2,35 hrs	Valvula 5/2	Se realiza una inspeccion del sensor de conteo en maquina, sensor se encuentra roto se requiere cambiar , se ajusta rodullo de tinta del sengundo	Finalizado	Erick/Miguel	22-feb		
20-sep	Alejandra		Flexo 1	Revisión de maquina 1, ajuste de rodillo d	3 hrs	N/A	Se mandan a afilar cuchillas y se colocan pernos guia para ubicar posicioin y que no queden desfasadas	Realizado	Erick/Miguel	20-sep		
20-sep	Arizeth		Flexo 1	Cuchillas sin filo Flexografica 1, cuchillas	53 min	Maquinado	Se aflojan tornillos para poder alinear el modulo, se revisan y se vuelve a atorn	Realizado	Erick/Miguel	02-oct		
24-oct	Cesar		Flexo marvi	Modulo desfasado	38 min	N/A	Se solda base, se corta malla y se fabrica base para bote de tinta	Realizado	Erick/Miguel	24-oct		
01-nov	Cesar		Flexo1	Ajuste de rodillo de tinta	1,17 hrs	N/A	Se ajusta presion de rodillos de tinta, se ocoloca cuña de traocion	Realizado	Erick/Miguel	01-nov		
07-nov	Jorge		Flexo 1	Base para la impresora, el soporte del bo	2,48 hrs	Pintura negra , angulo	Se solda base, se corta malla y se fabrica base para bote de tinta	Realizado	Erick/Miguel	08-nov		
02-feb	Jorge Mendoza		Corrugado	Pegadora 2	Bote de pegamento no se puede ajustar	4 hrs	Aflojatodo	se lubrica	Finalizado	Erick/Miguel	02-feb	
22-feb	Jorge Mendoza				Bandas de la pegadora 2 se estan rompi	2 hrs	Grapas	Se cambian grapas de cinta verde, se recoitan a medida y se cambian grapas	Finalizado	Erick/Miguel	22-feb	
07-mar	Adair Romo	La pegadora 2 hizo un zumbido en el mot			1,48 hrs	N/A	Se extrae tornillo dañado y se coloca turbina	Finalizado	Erick/Miguel	07-mar		
13-mar	Adair Romo	El cuadrador falla			2,45 hrs	Regulador lineal 8 mm y 10 mm	Se revisa sistema neumatico ya que el cuadrador golpea	Finalizado	Erick/Miguel	13-mar		
08-abr	Adair Romo	El cuadrador se le salen algunos tornillos			1 hrs	N/A	Se coloca base de cuadrador se coloca tornillos, se ajusta el cuadrador y se quitan esquinas de cuadrador	Finalizado	Erick/Miguel	08-abr		
19-abr	Adair Romo	La pegadora hizo un zumbido en el motor			2,35 hrs	Tornillo M8	Turbina rompe opresor, se extrae tornillo y se coloca uno nuevo	Finalizado	Erick/Miguel	19/04/20204		
08-jul	Ramiro Nava	Botones de alimentador			40 min	N/A	Se revisa cableado de botoneras y dos cables se encuentran rotos, se colocan nuevamente en el contacot auxiliar y se deja operando	Realizado	Erick/Miguel	08-jul		
12-mar	Adair Romo	Flejadora				Se atoro el fleje de la flejadora	33 min	N/A	armar	Finalizado	Erick/Miguel	12-mar
Se realiza una limpieza del sistema de la flejadora material atorado en la rueda												

Distribuidora de Empaques  Razasa .sa de cv La Solución para su Empaque				BITACORA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO										CÓDIGO: RYMTF04 FECHA DE VERSIÓN: 30/06/2025 VERSIÓN: 00	
Nº ORDEN DE TRABAJO	FECHA DE SOLICITUD	SOLICITADO POR	HORA DE SOLICITUD	TURNOS	AREA	CÓDIGO MAQUINARIO O EQUIPO	SEGMENTO	REQUERIMIENTO	RECURSOS NECESARIO	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO	ESTATUS	EJECUTOR DE LA ACTIVIDAD	TIEMPO DE EJECUCIÓN (EN HRS)	FECHA TERMINÓ MTTO.	OBSERVACIONES
118	04/07/2025	Emilio Sosa	11:10:30 a. m.	1ER	División de Corrugados	RVMFX02	MAQUINARIA	Se desalineo rodillo del rayador	6 tornillos, Allen 5 mm	Se realiza ajuste del rodillo rayador, presión y nivelación. Cambio de freno del mismo rayador.	REALIZADO	Miguel Garcia	60 MIN	04/07/2025	N/O
116	01/07/2025	Emilio Sosa	9:00:17 a. m.	1ER	División de Corrugados	RVMRY01	MAQUINARIA	Gotea rodillo en el primer módulo	Silicón	Se revisa goteo generado por rodillo desgastado, como medida de contención se rellena con silicón y como	REALIZADO	Miguel / Enrique	1 HRS	07/01/2025	Se requiere trabajos de maquinado
106	24/06/2025	Edgar Sanchez	3:26:57 p. m.	1ER	División de Corrugados	RVEM03	EQUIPO	No arranca montacargas de gas		Se revisa arranque de montacargas, se revisa SWITCH dañado	PENDIENTE				
98	19/06/2025	Santiago	4:30:38 p. m.	1ER	División de Corrugados	RVMPA01	MAQUINARIA	Se para máquina sola	N/R	Se revisa paro de máquina constante, se revisa el sensor para la detección de cartón desajustado, se ajusta tensión	REALIZADO	Miguel Garcia / Enrique Tonix	1.30 HRS	19/06/2025	N/O
92	17/06/2025	Emilio/ Fabian	6:03:56 p. m.	1ER	División de Corrugados	RVMFX01	MAQUINARIA	Falla en el potenciometro	1pz potenciometro 10 K OHM	Se realiza cambio de potenciometro (potenciometro dañado por trabajo)	REALIZADO	Miguel Garcia	56 MIN	17/06/2025	N/O
89	12/06/2025	SEGURIDAD E HIGIENE	9:18:59 a. m.	1ER	División de Corrugados	RVMFX02	MAQUINARIA	Cortar y retirar placa sobrante de fijación para	N/R		CANCELADO				Cancelado por gerencia de planta
88	11/06/2025	Emilio Sosa	9:19:55 a. m.	1ER	División de Corrugados	RVMFX01	MAQUINARIA	Flexo 1 tira aceite	3 Kg de grasa	Colocación de grasa en módulos de engranaje para espesar el aceite en cada módulo	REALIZADO	Miguel Garcia /Enrique			
87	11/06/2025	Emilio Sosa	9:16:00 a. m.	1ER	División de Corrugados	RVMPA01	MAQUINARIA	El contador a alta velocidad no cuenta bien	0	Se revisa sensor y operación en cuanto al proceso, se revisa y ajusta parámetros digitales contra físicos, parámetros y	REALIZADO	Enrique / Miguel Garcia	3 HRS	20/06/2025	N/O
86	11/06/2025	Cesar	6:01:19 p. m.	1ER	División de Corrugados	RVMFX02	MAQUINARIA	No habia circulación del aceite	2 litros de aceite	Nivelación de aceite y conexión de la manguera correctamente	REALIZADO	Miguel I Garcia	50 MIN	11/06/2025	N/O
80	04/06/2025	Hermila Sosa	2:31:56 p. m.	1ER	División de Corrugados	RVMPA01	MAQUINARIA	Fijar ventilador en pegadora 2	2 tanquetes expansivos 3/8"	Se realiza limpieza de aspas de ventilador, posteriormente se fija motor de vacío sobre piso	REALIZADO	Miguel Garcia	30 MIN	04/06/2025	N/O

Posteriormente al seleccionar el botón de plan de mantenimiento se desplazará al formato de propuesta para la mejora continua de esta manera nos aseguramos de que el sistema estará alineado de las condiciones reales, actividades programadas y actividades a realizar. Se muestran los siguientes aspectos en el plan:

1.- Lista detallada de los equipos y maquinaria, incluyendo, la codificación asignada para cada uno, ubicación, la frecuencia, el formato de trabajo (las actividades preventivas) que serán programadas. Es necesario implementar una fórmula con la frecuencia y formato para que en automático el plan asigne las actividades en un lapso de 52 semanas.

2.-El número de semana, las tareas programadas y realizadas, por cada semana se asignaron los campos fechas reprogramadas para concluir con la actividad y justificación del porque que no se realizó por varios factores (la máquina en operación), costos (compra de material, lubricantes y repuestos necesarios para realizar las tareas de mantenimiento, el técnico asignado, refacción y tiempo.

3.- A la última semana de cada mes muestra el análisis del cierre total de actividades realizadas, programadas, reprogramadas, el total general, costos y tiempo empleado.

Distribuidora de Empaques



La Solución para su Empaque

PLAN DE MANTENIMIENTO 2025

REGRESAR

MES		ENERO			ENERO					
# SEMANA	1	2	3	4	TOTAL R	TOTAL RPR	% TIEMPO	% REPRO		
T PROGRAM	0	0	0	0	0	0	-	-		
DIVISION DE FLEJE	0	0	0	0	0	0	-	-		
DIVISION DE BOLSA	0	0	0	0	0	0	-	-		
DIVISION DE CORRUGADO	0	0	0	0	0	0	-	-		
DIVISION M	0	0	0	0	0	0	-	-		
T REALIZADO	0	0	0	0						

CÓDIGO DE RECAMBIOS		HERRAMIENTA O INFRAESTRUCTURA		FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO		F/F	F.F.	FORMATO DE TRABAJO	AREA / PROCESO	INDICACIÓN	COMENTARIOS	FECHA DE REPREG		TECNICO	REF
RYMRY01		RAYADORA 1	MANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINA RAYADORA MANUAL	Producción						
			ANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINA RAYADORA MANUAL							
RYMFX01		FLEBOGRÁFICA 1	MANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINA FLEBOGRÁFICA 1	Producción						
			ANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINA FLEBOGRÁFICA 2							
RYMSTA02		STACKER 2	MANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LINEA DE CORRUGADO MANUAL	Producción						
			ANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LINEA DE CORRUGADO MANUAL							
RYMPPM01		PEGADORA MANUAL	MANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LINEA DE CORRUGADO MANUAL	Producción						
			ANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LINEA DE CORRUGADO MANUAL							
RYMLI01		LINER	MANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINA LINER	Producción						
			ANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINA LINER							
RYMEN01		ENGRAPADORA	MANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINA ENGRAPADORA	Producción						
			ANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINA ENGRAPADORA							
RYMRY02		MÁQUINA CORTADORA DE HOJA FINA CON ALIMENTADOR AUTOMÁTICO (RAYADORA 2)	MANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINA RAYADORA AUTOMÁTICA	Producción						
			ANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINA RAYADORA AUTOMÁTICA							
RYMFX02		MÁQUINA TROQUELADORA E IMPRESORA AUTOMÁTICA DE 3 COLORES (FLEBOGRÁFICA 2)	MANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINA AUTOMÁTICA FLEBOGRÁFICA / STACKER	Producción						
			ANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINA AUTOMÁTICA FLEBOGRÁFICA / STACKER							
RYMSTA01		STACKER 1	MANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINA AUTOMÁTICA FLEBOGRÁFICA / STACKER	Producción						
			ANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MAQUINA AUTOMÁTICA FLEBOGRÁFICA / STACKER							
RYMPPA01		PEGADORA AUTOMÁTICA	MANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO A LINEA DE CORRUGADO AUTOMÁTICA	Producción						
			ANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO A LINEA DE CORRUGADO AUTOMÁTICA							
			MANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO A LINEA DE CORRUGADO AUTOMÁTICA							
			ANUAL					ORDEN DE MANTENIMIENTO A LINEA DE CORRUGADO AUTOMÁTICA							

- En el botón de rutinas se desplazará al formato de las inspecciones a realizar semanalmente, asegurando el buen funcionamiento de los componentes eléctricos mediante la detección oportuna de desviaciones o fallas, desde actividades de inspección, limpieza y toma de amperaje.
- A las rutinas planteadas y la estandarización en los formatos, representaron una estrategia integral que permitirá la Empresa controlar de manera más efectiva las actividades de mantenimiento, reducir errores, prevenir fallos recurrentes, cumplir con los requisitos de calidad seguridad, promoviendo la mejora continua del proceso de mantenimiento. Los formatos estandarizados van ligados al cumplimiento con los requisitos normativos conforme a la norma ISO 9001:2015, lo que busca la empresa.
- También en el programa se muestra los inventarios de máquinas y refacciones para tener el control, los puntos de reorden (proceso de reabastecimiento de almacén creando una red entre el STOCK actual, la cantidad solicitada y el total disponible cuando el pedido se reciba por parte del área de compras.

		LISTA DE INVENTARIO DE REFACCIONES							Código: RVCOF02
									Fecha de versión: 11/04/2023
									No de versión: 00
DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	NÚMERO DE PARTE DE LA MÁQUINA	UBICACIÓN	UNIDAD	CANT. ANTER	CANT. ACTI	OBSERVACIONES
NEUMÁTICA									
Unidad de mantenimiento neumática (FRL), con manómetro (filtro regulador y lubricación) de 140 Psi.	SII	SII	SII	SII		Pzas	0	0	Nota:Falta por revisar
Regulador De Presion De Aire Manometro 0-150 Psi Conexion	SII	SII	SII	SII		Pzas	2	0	Nota:Falta por revisar
Válvula de palanca neumática rotatoria 4/3 (4HY230-08, presión 0~1.0 MPa, (0~10.0bar))	SII	SII	SII	SII		Pzas	2	0	Nota:Falta por revisar
Manguera neumática de 10mm	SII	SII	SII	SII		Metro	20	20	Nota:Falta por revisar
Manguera neumática de 8mm.	SII	SII	SII	SII		Metro	90	90	Nota:Falta por revisar
Conector recto 10mm (Conexion recta, rapida (neumatica) 1/4"10mm)	SII	SII	SII	SII		Pzas	15	12	
Codo neumático 10mm (Conexion union codo 90° para manguera de 10mm)	SII	SII	SII	SII		Pzas	1	0	
Codo 1/4"10mm (Conexion codo 90° rosca de 1/4, para manguera de 10mm)	SII	SII	SII	SII		Pzas	0	0	
Conexion Y (Conexion union "Y" para manguera de 8mm)	SII	SII	SII	SII		Pzas	0	0	
Regulador de flujo lineal para manguera de 10mm.	SII	SII	SII	SII		Pzas	0	0	
Codo 8 mm (Codo de 90° para manguera de 8mm)	SII	SII	SII	SII		Pzas	1	2	
Conexion codo 90° (rosca de 1/4) para manguera de 8mm.	SII	SII	SII	SII		Pzas	4	2	
Conexion "X" para manguera de 8mm.	SII	SII	SII	SII		Pzas	3	1	

Fig. 37 Inventario de refacciones

Fuente: Elaborado por Ana Karina Baez Martinez

4. CONCLUSIONES

La gestión en el proceso de mantenimiento es fundamental para garantizar operatividad, la eficiencia, vida útil de los activos y la reducción de los costos. Tras el análisis se puede concluir que existen actividades que requieren atención y mejora para optimizar el proceso de mantenimiento.

En primer lugar, las rutinas actuales de mantenimiento preventivo presentan carencias relacionadas con la falta de planificación y seguimiento adecuado. Esto genera casos como fallas no previstas, desgaste y tiempos muertos en los activos. Por ello, se propone una reestructuración de las rutinas de mantenimiento, basada en criterios técnicos, historial de fallos, recomendaciones de los operadores. Desde un enfoque basado en el análisis de datos históricos permitirá establecer frecuencias óptimas de intervención y priorizar activos.

Otro aspecto crítico identificado es la falta de formatos estandarizados para el registro y control de actividades. La ausencia de uniformidad en los formatos genera confusiones, pérdida de información relevante y dificulta la toma de decisiones. Se propone, por tanto, la mejora e implementación de formatos estandarizados que permitan documentar de manera clara y sistemática todas las intervenciones realizadas. La estandarización facilitará la auditoría, el seguimiento del cumplimiento de tareas. Finalmente, se propone el diseño de un plan de mantenimiento preventivo estructurado y calendarizado, que contemple las tareas técnicas a realizar, los responsables, tiempos estimados y la frecuencia adecuada según el tipo de equipo.

En conjunto, estas propuestas no solo mejoran la confiabilidad y disponibilidad de los activos, sino que también promueven una mejora continua en el proceso de mantenimiento. Los formatos estandarizados fluyeron correctamente en Ravasa para llevar el control en el departamento de mantenimiento, esta propuesta de mejora es encaminada para la certificación de la norma ISO:9001:2015.

4.1 EXPERIENCIA PERSONAL ADQUIRIDA

Durante el proceso de ejecución de este proyecto se fortalecieron competencias importantes relacionadas con la carrera de ingeniería mecatrónica fortaleciendo habilidades técnicas como personales, tales como la capacidad de gestionar recursos, intervención de los mantenimientos correctivos, documentar y llevar el control del proceso de mantenimiento es, ejecución de rutinas, además se desarrollaron competencias como organización, trabajar en equipo, responsabilidad en el control e llenado de formatos, solución a fallas y toma de decisiones

5. Referencias Bibliográficas

- Alvarez, E. F. (Julio de 2018). *Uniovi*. Obtenido de Gestión del mantenimiento:
<https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/47868/1/Gesti%C3%B3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf>
- Fernandez, G. (2005). *Teoría y practica del mantenimiento industrial avanzado*. Madrid: Funadación Confemetal.
- FESTO. (21 de Junio de 2025). Obtenido de ¿Cuáles son las técnicas del mantenimiento predictivo?:
https://www.festo.com/es/es/e/sobre-festo/blog/learning/-cuales-son-las-tecnicas-demantenimiento-predictivo-id_854891/
- Gaither , N., & Fraizer, G. (2000). *Administración de producción y operaciones* . México: International Thomson .
- Garcia Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento: manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*. Madrid: Diaz de Santos.
- González Ajuech, V., & González, A. V. (2017). *Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales*. México,D.F, México: Grupo Editorial Patria.
- Google Maps. (2023).
<https://www.google.com/maps/place/Distribuidora+De+Empaques+Ravasa+Sa+De+Cv/@19>.
- Martinez, I. M. (Agosto 2018). *Mantenimiento*.
- Medina, R. (2022). Tipos de mantenimiento en las unidades de medición de producción de pozos petroleros. *Revista e investigación en ciencias de la administración*, 37-49.
- Mobley, R. (2002). *Una introducción al mantenimiento predictivo*. Obtenido de
<https://www.sciencedirect.com/book/9780750675314/an-introduction-to-predictivemaintenance>
- Team . (2020). Obtenido de Indicadores de mantenimiento Kpis: para una gestión eficaz:
<https://blog.infraspeak.com/es/indicadores-de-mantenimiento/> Toledo,
- I. M. (2018). *Mantenimiento*.
- Torpocho Delgadillo, J. F., & Villón Shishco, A. (2020). *Organización de la baja disponibilidad e implemntación del metodo AMEF en la gestión de mantenimiento*.