



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO
TEMPACHE**

TITULACIÓN

TESIS PROFESIONAL

*“DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO A
EQUIPOS DE LA EMPRESA FLUIDOS INDUSTRIALES MEXICANOS
S.A DE C.V.”*

**PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTA

ALDAIR BLANCO MAR

DIRECTOR DE TESIS

ING. ROCIO SANCHEZ ESCOBAR

CO- DIRECTOR DE TESIS

ING. JORGE GUILLERMO RAMIREZ



DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mis padres; Celia Mar Romero y Leonor Blanco Martínez puesto que ellos fueron el principal crecimiento para la construcción de mi vida profesional, ya que por su apoyo incondicional tuve la oportunidad de ser profesionista, ellos sentaron en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación. A mis hermanas, Emiret Blanco Mar y Selene Blanco Mar les doy las gracias por extenderme su mano en momentos difíciles, por su apoyo y comprensión en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer a mi asesor Ing. Rocío Sánchez Escobar por compartir sus conocimientos profesionales, su tiempo y dedicación, ya que gracias a ella fue posible la realización de la presente tesis. Asimismo, agradezco a la Lic. Rosalía Cruz García, también quiero reconocer la ardua labor del ingeniero Jorge Guillermo Ramírez, puesto que sus consejos brindados fueron de gran ayuda para el desarrollo y la culminación del presente trabajo recepcional.

A mis amigos y futuros ingenieros que me han acompañado esta carrera universitaria.

A mis amigos de trabajo les agradezco sus grandes consejos y experiencia laboral para alimentar mis conocimientos y aprendizajes.

¡Muchas Gracias!



RESUMEN.

La presente tesis, titulada “*DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO A EQUIPOS DE LA EMPRESA FLUIDOS INDUSTRIALES MEXICANOS S.A DE C.V.*” fue aplicada a la empresa Fluidos Industriales Mexicanos (FIMEX). Ubicado dentro del parque industrial Technology park en la ciudad de Monterrey Nuevo león.

Está enfocada al mantenimiento, por lo que es de suma importancia conocer los equipos con los que cuenta la empresa, con la que se hace posible la producción, se realiza un conteo y un inventario de equipos, una vez realizado el recuento en base a un análisis de criticidad se identificarán los equipos de mayor impacto operacional, así para trabajar en los equipos que, por su importante participación, puedan afectar la producción de manera significativa en las plantas. Se estudiaron a fondo los equipos críticos y se realizó una propuesta de plan de mantenimiento preventivo, el cual mediante a listas de verificación se estudiarán las condiciones de los equipos, realizando un reporte de actividades de mantenimiento de cada equipo para llevar un control mensual de los mantenimientos programados y verificar que se cumpla con el 90% de cada uno, se realizará una propuesta de técnicas de mantenimiento que se deben realizar por semana y a determinadas horas de trabajo, con forme al plan de mantenimiento se busca conservar la disponibilidad de los equipos, así como evitar y predecir fallas en ellos.



ABSTRACT

This thesis, entitled "DESIGN OF A MASTER PLAN FOR EQUIPMENT MAINTENANCE OF THE COMPANY FLUIDOS INDUSTRIALES MEXICANOS S.A DE C.V." was applied to the company Fluidos Industriales Mexicanos (FIMEX). Located within the Technology Park industrial park in the city of Monterrey Nuevo León.

It is focused on maintenance, so it is very important to know the equipment that the company has, with which production is possible, a count and an inventory of equipment are made, once the count has been made based on a Criticality analysis will identify the teams with the greatest operational impact, so as to work on the teams that, due to their important participation, can significantly affect production in the plants. The critical equipment was thoroughly studied and a preventive maintenance plan proposal was made, which through checklists will study the conditions of the equipment, making a report of maintenance activities of each equipment to keep a monthly control of the scheduled maintenance and verify that 90% of each is met, a proposal will be made for maintenance techniques that must be performed per week and at certain working hours, in accordance with the maintenance plan, the aim is to preserve the availability of the equipment, as well as avoid and predict failures in them.



ÍNDICE TEMÁTICO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes de la empresa	2
1.2	Planteamiento del problema	8
1.3	Justificación.....	8
1.4	Hipótesis.....	9
1.5	Objetivos generales y particulares	9
1.5.1.	Objetivo general:.....	9
1.5.2.	Objetivos particulares:	9
2.	MARCO TEÓRICO	10
2.1	¿Qué es el mantenimiento?	11
2.2	Mantenimiento predictivo.....	12
2.2.1	Ventajas del mantenimiento predictivo	14
2.2.2	Desventajas del mantenimiento predictivo	15
2.3	Mantenimiento preventivo.....	15
2.3.1	Ventajas del mantenimiento preventivo	16
2.3.2	Desventajas del mantenimiento preventivo	17
2.4	Mantenimiento correctivo.....	17
2.4.1	Ventajas del mantenimiento correctivo	18
2.4.2	Desventajas del Mantenimiento Correctivo.....	18
2.5	Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF).....	19
3.	ESTADO DEL ARTE	21
4.	METODOLOGÍA	25
	Paso 1. Determinación de los niveles de criticidad en los equipos.....	25
	Paso 2. Diseño del plan maestro de mantenimiento.	33



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Paso 3. Verificación de las actividades programadas en el plan.	43
Paso 4. Validación del plan maestro de mantenimiento.	46
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	50
6. CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES.....	51
7. ANEXOS.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Chiller Planta 1.....	35
Figura 4.2. Ficha técnica chiller planta 1.....	35
Figura 4.3. Chiller Planta 2.....	36
Figura 4.4. Ficha técnica chiller planta 2.....	36
Figura 4.5. Compresor Kaeser.	39
Figura 4.6. Ficha técnica de compresor.	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Trabajos relacionados a plan maestro de mantenimiento.	21
Tabla 4.1. Inventario de equipos de FIMEX. Planta 1	25
Tabla 4.2. Inventario de equipos de FIMEX. Planta 2	26
Tabla 4.3. Inventario de equipos de FIMEX. Conexiones.....	26
Tabla 4.4. Inventario de equipos de FIMEX. Triturados.....	27
Tabla 4.5. Fallas por mes.	28
Tabla 4.6. Impacto operacional.....	28



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Tabla 4.7. Flexibilidad operacional.	29
Tabla 4.8. Impacto de seguridad y medio ambiente.	29
Tabla 4.9. Costo del mantenimiento	30
Tabla 4.10. Costo del equipo	30
Tabla 4.11. Equipos críticos.	32
Tabla 4.12. plan de mantenimiento preventivo a equipos críticos.....	33
Tabla 4.13. Solicitud de servicio de mantenimiento.....	41
Tabla 4.14. Reporte de fallas de la empresa FIMEX.....	42
Tabla 4.15. Lista de verificación de actividades programadas para Chiller planta 1 y 2.	44
Tabla 4.16. Lista de verificación de actividades programadas para Compresor.	45
Tabla 4.17. Plan de mantenimiento preventivo a equipos críticos: primer semestre.....	46
Tabla 4.18. Porcentaje de mantenimiento preventivo realizado al compresor Kaeser en el primer semestre del año 2021.	46
Tabla 4.19. Porcentaje de mantenimiento preventivo realizado al Chiller Daikin planta 1 en el primer semestre del año 2021	47
Tabla 4.20. Porcentaje de mantenimiento preventivo realizado al Chiller planta 2 en el primer semestre del año 2021	47
Tabla 4.21. Plan de mantenimiento preventivo a equipos críticos: segundo semestre.	48
Tabla 4.22. Porcentaje de mantenimiento preventivo realizado al compresor Kaeser en el segundo semestre del año 2021	48
Tabla 4.23. Porcentaje de mantenimiento preventivo realizado al Chiller Daikin planta 1 en el segundo semestre del año 2021.....	49
Tabla 4.24. Porcentaje de mantenimiento preventivo realizado al Chiller Daikin planta 2 en el segundo semestre del año 2021.....	49



1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la productividad de un equipo tiende por el uso a un desgaste natural que obliga al hombre a procurar y atender la necesidad de mantener su equipo en óptimas condiciones, a pesar de ser las más rudimentarias herramientas o aparatos.

La mayoría de las fallas que se experimentaban eran el resultado del abuso o del intenso uso; y esto sigue sucediendo en la actualidad. Al principio sólo se hacía mantenimiento cuando ya era imposible seguir usando el equipo. A eso se le llamaba Mantenimiento de Ruptura y era reactivo.

El mantenimiento, como todo proceso ha evolucionado, ha tenido un crecimiento y madurez progresivos, adaptándose a las distintas necesidades y requerimientos de cada época, manteniéndose siempre actualizado. Anteriormente, se esperaba que se produjera una avería en la máquina para hacerle mantenimiento correctivo, después con determinada frecuencia se hacían trabajos de mantenimiento a las máquinas para prevenir las fallas, se evaluaban los equipos o instalaciones que sufrían averías constantemente, y se estaba al pendiente de su desempeño, con ello se implementaban sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo, de la organización y ejecución del mantenimiento.

Se establecieron los grupos de mejora y seguimiento de las acciones y se implementó el mantenimiento para todas las áreas. Hoy en día las estrategias más utilizadas son las que están encaminadas a aumentar la disponibilidad y eficacia de los equipos que son importantes en la producción, reduciendo los costos de mantenimiento y conservando la seguridad del personal.

La empresa Fluidos Industriales Mexicanos ubicada en Av. Tecnológico No.483, centro de Ciénega de Flores, C.P 65550 Ciénega de Flores, N.L, dedicada a la fabricación de tubería de polietileno está equipada con algunas de las líneas de extrusión más modernas con capacidad para co-extruir múltiples capas y franjas para satisfacer las diversas necesidades de la industria, asimismo, cuenta con el área de prefabricados que utiliza algunos de los equipos de producción más altamente precisos del mundo para la termo fusión de piezas a



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

partir de gajos y silletas, y así poder suministrar conexiones, tanto de línea como personalizadas incluyendo cabezales y ensambles según el diseño de cada cliente.

Además de las máquinas de extrusión y de termo fusión cuenta con equipos y maquinaria como compresores, motobombas, montacargas, impresoras para marcaje y etiquetado, las cuales trabajan en conjunto para lograr una excelente producción, mismas que son supervisadas con una inspección de rutina donde se revisan parámetros e indicadores para predecir y evitar fallas, diariamente se realizan listas de verificación en cada área para posteriormente programar y solucionar las fallas previamente detectadas, sin embargo, la empresa FIMEX no cuenta con un plan maestro de mantenimiento adecuado para el cuidado de sus equipos, es por ello que surge la necesidad de este proyecto, el cual está enfocado siempre a aumentar el tiempo medio entre fallas, donde la probabilidad de que suceda una falla a otra sea prolongado, así como disminuir el tiempo medio para reparar cada una de las mismas.

Es más común el uso de mantenimiento correctivo y mantenimiento programado, los cuales resultan más baratos a corto plazo, pero a largo plazo no resulta muy conveniente para la empresa, por lo que es necesario recurrir a planes de mantenimiento más modernos y confiables como el mantenimiento preventivo. A lo largo del presente proyecto se describirán los detalles del desarrollo histórico sobre la disciplina del mantenimiento, sus estrategias y métodos.

1.1 Antecedentes de la empresa.

Fluidos Industriales Mexicanos S.A. de C.V. (FIMEX) es una Empresa con Sistema de Gestión de Calidad certificado en ISO 9001-2015 y con oficinas corporativas y planta en Monterrey, México. FIMEX ha estado en la industria de tubería plásticas y geomembranas durante más de 25 años al servicio de los mercados mexicano y estadounidense.

Nuestra fábrica de tubería de polietileno está equipada con algunas de las líneas de extrusión más modernas y actualizadas de América del Norte con capacidad para co-extruir múltiples capas y franjas para satisfacer las diversas necesidades de la industria. La planta de conexiones prefabricados utiliza algunos de los equipos de producción más altamente precisos del mundo para la termo fusión de piezas a partir de gajos y silletas, y así poder suministrar conexiones, tanto de línea como personalizadas incluyendo cabezales y



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

ensambles según el diseño de cada cliente. El personal técnico y de ingeniería de FIMEX tiene más de 100 años de experiencia en la industria de termoplásticos que sirven a América del Norte.

FIMEX a través de su marca registrada TKP, está comprometida con el desarrollo continuo de nuevos productos para resolver las necesidades de la industria, como la nueva tubería resistente a la temperatura TKP-TR para diversas aplicaciones y la tubería resistente a la abrasión TKP-AR para extender la vida útil de la tubería en esas aplicaciones difíciles y reducir así los costos de reposición. Su prioridad es la satisfacción de sus clientes, es por ello por lo que en cada proceso cuentan con un estricto sistema de calidad que garantizan la durabilidad y resistencia de sus productos, brindando soluciones a problemas de corrosión y conducción eficiente de fluidos asegurando el diseño para durar toda una vida. Ofrecen soluciones integrales en la conducción de fluidos, con sistemas confiables y duraderos, siendo la mejor alternativa de costo beneficio en el mercado. Sus productos satisfacen las necesidades de diversas industrias como: minera, energética, industrial, alimenticia, farmacéutica, infraestructura y otros mercados.

Historia de la empresa

Empresa 100 % mexicana fundada en 1994 dedicada a la comercialización de materiales termoplásticos de alta tecnología ofreciendo alternativas para la solución de problemas presentados con el manejo del agua potable, redes de drenaje sanitario y pluvial, además de fluidos corrosivos-abrasivos en la industria química, petroquímica, minería, farmacéutica, alimentos y bebidas, sistemas de alta pureza, para los organismos de agua y sanidad a nivel Nacional. Los productos termoplásticos ofrecidos por nuestra empresa buscan la satisfacción y seguridad de nuestros clientes además de estar comprometida a ofrecer productos innovadores con la intención de agregar alternativas para la solución de problemas de corrosión y conducción eficiente de fluidos con el mayor tiempo de vida disponible.

En el año 2017 decidió arrancar con su primera planta productora TKP. Con el objetivo de comercializar e instalar plásticos termoformados y eligieron un producto que no se comercializaba en México. En esa fecha se apoyaban el 90 por ciento con productos importados.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Misión

Crear valor a sus clientes, mejorando la productividad y competitividad en conjunto, a través de una base tecnológica e industrial de alta eficiencia y una red comercial especializada.

Visión

Ser la empresa líder en plásticos a nivel nacional, comprometida con el desarrollo de sus clientes y distribuidores, manteniéndose siempre a la vanguardia, en parámetros industriales, tecnológicos y destacada por la excelencia de sus recursos humanos.

Layout de la empresa

“El Layout hace referencia a la forma en que se encuentra distribuida el área de trabajo, es decir, el diseño que se siguió para distribuir las computadoras, mesas de trabajo, áreas de reuniones, espacios para recreación y descanso, así como los comedores y baños o áreas de aseo. El layout tiene que ver con el diseño de la propia oficina o empresa y la forma en que esta se encuentra está distribuida en sus distintas áreas.” (Pulido, 2013)

La importancia del Layout para el área de mantenimiento es el flujo ordenado de los equipos, como se encuentran distribuidos por toda la planta a si tener conocimiento del área donde se encuentran los equipos más críticos de la empresa y ser monitoreados con mayor relevancia.

Descripción de áreas en que se divide la empresa FIMEX

- Oficina general: se compone por el personal administrativo como recursos humanos, la gerencia, los jefes y los contadores, los cuales se encargan de dirigir a los subordinados.
- Almacén: es el área en que se guardan la materia prima, las refacciones, la maquinaria no pesada y las piezas prefabricadas, así como algunas terminadas.
- Área de embarque: aquí es donde se cargan y embarcan los lotes de tubería terminada para su distribución logística.
- Área de prefabricados: en ella se realizan cortes, empates, codos con equipos de termo fusión para realizar diversas piezas.
- Área de producción: esta es el área más importante, ya que es aquí donde se procesa la materia prima por medio de máquinas extrusoras pasando por tanques de vacío y de enfriamiento para ser cortados a una medida específica, para luego ser flejados por paquetes de tres a seis piezas.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

- Área de triturados: esta área se encarga de cortar, triturar y moler los tubos rechazados para recuperar material y ser reutilizarlo.
- Área de calidad: es la encargada de inspeccionar, aprobar y rechazar el producto terminado.
- Laboratorio: se encarga de realizar pruebas de resistencia, densidad, dureza y elasticidad a la materia prima y al producto.
- Área de mantenimiento: es la que conserva todos los equipos de la planta realizando mantenimientos preventivos y correctivos.
- Área de silos: en esta área se almacena la resina o material virgen y se clasifica de acuerdo con si el material es suave o duro, mismo que se utiliza para la producción. Esta es distribuida por un sistema a presión y distribuido por medio de ductos a sacos para que sean trasladados a líneas extrusoras.
- Área de torno: en esta área se fabrican adaptaciones, bridas y piezas de diferentes especificaciones para el área de prefabricados.
- Área de bombas: en esta área se encuentra el sistema de enfriamiento que se encarga de circular agua fría por medio de una cisterna, dos bombas se encargan de enviar agua al equipo chillers, el cual se utiliza para enfriar el agua, por medio de dos circuitos es enviado a las líneas de producción a los tanques de enfriamiento que se encargan de enfriar el tubo.
- Oficinas de mantenimiento: dentro de ésta se llevan a cabo diversas actividades como solicitar cotizaciones a diversos proveedores tanto locales como foráneos para más tarde realizar el pedido de refacciones o reparaciones necesarias para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento, programar los mantenimientos, verificar diariamente el estado en que se encuentran las máquinas y equipos, capturar el historial de fallas mensuales y proporcionar los materiales y las herramientas a los técnicos para realizar su trabajo.

Nota: el Layout de la empresa FIMEX se encuentra en anexos.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

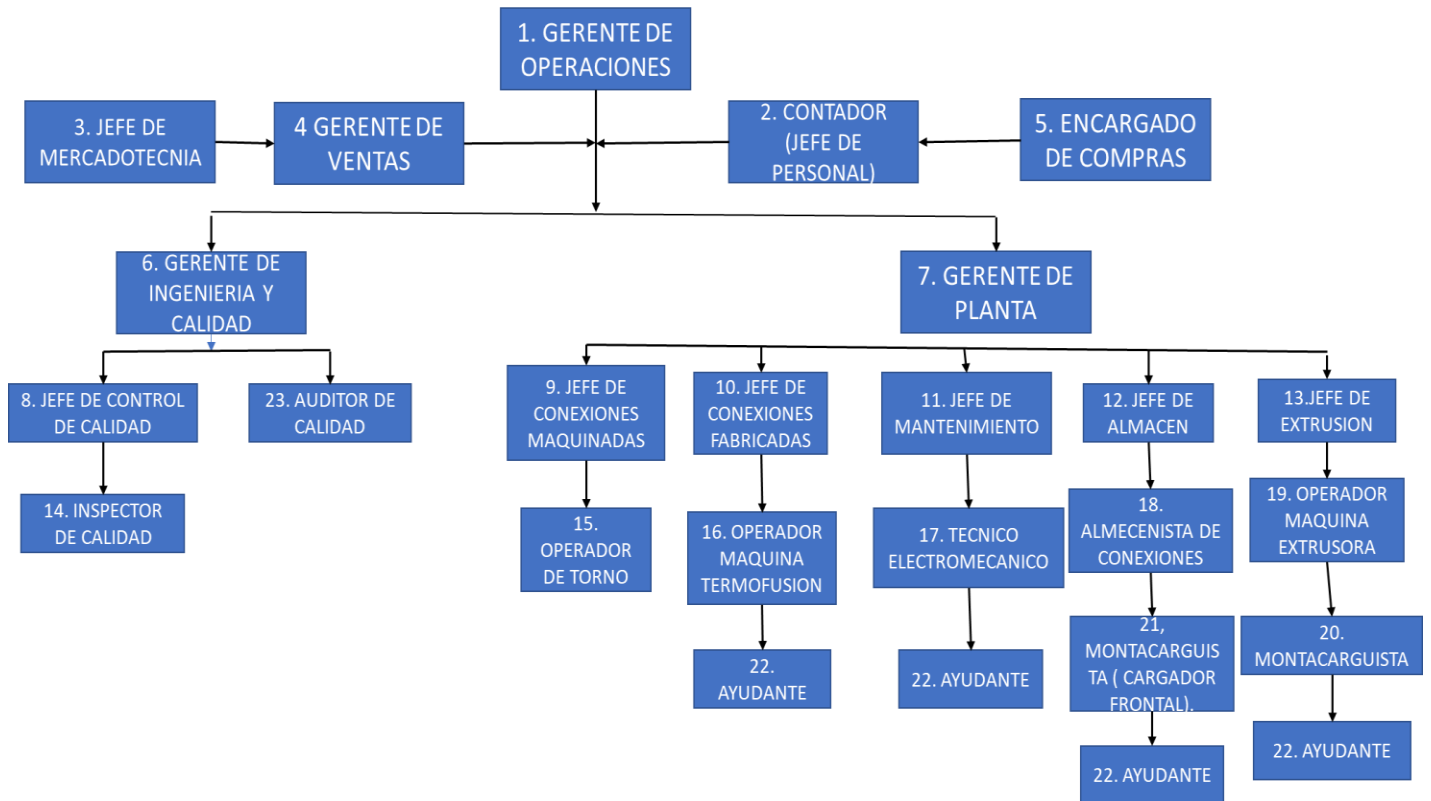


Gráfico 1.1. Organigrama de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

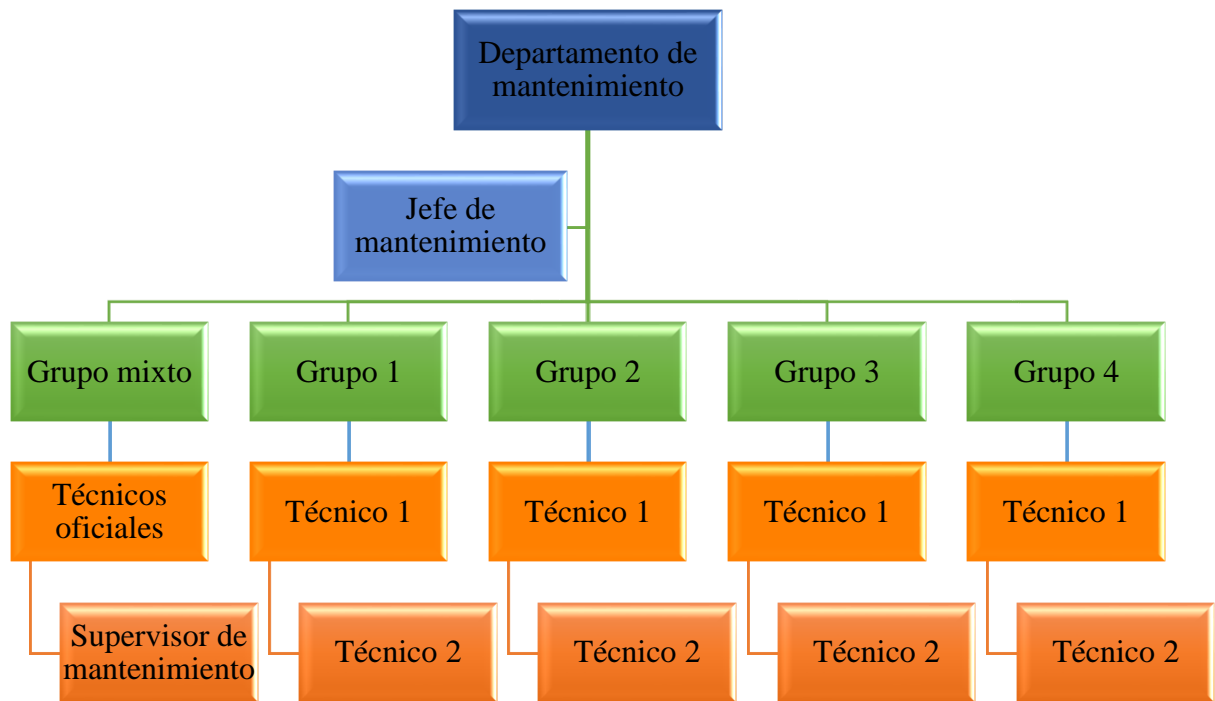


Gráfico 1.2. Organigrama del área.

Fuente: Elaboración propia.



1.2 Planteamiento del problema

La empresa Fluidos Industriales Mexicanos S. A. de C. V., cuenta con una gran cantidad de maquinaria y equipo, los cuales influyen directamente en las operaciones de la empresa, ya que gracias a éstos es posible llevar a cabo la producción. Debido a lo anterior, es importante que cada uno de estos equipos reciba el mantenimiento adecuado, puesto que de lo contrario el equipo se vería afectado tal vez de forma irreversible, lo cual puede ocasionar un paro total de producción.

La empresa FIMEX cuenta con un plan de mantenimiento general para cada equipo, pero no con un plan estratégico para llevar a cabo un buen mantenimiento a los equipos de mayor criticidad e importancia, dichos equipos juegan un papel sumamente importante dentro de la producción total, por lo que si uno de ellos llegara a fallar puede suspender temporalmente toda la producción, lo que generaría una pérdida monetaria altamente grande, por ende mediante este plan maestro de mantenimiento se pretende incrementar la disponibilidad de los equipos mediante la realización de los siguientes puntos; mayor inspección, realización de trabajos preventivos a tiempo y cambio de las refacciones adecuadas cuando sea necesario.

1.3 Justificación

En la empresa Fluidos Industriales Mexicanos es conveniente aplicar un plan de mantenimiento preventivo, debido a que ésta no posee un sistema que le permita prevenir al máximo las fallas que normalmente pueden ocurrir en la maquinaria que se encuentra en funcionamiento. Lo que se busca con la realización del programa de mantenimiento es incrementar al máximo la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria y equipos, permitiendo que éstos se encuentren en buen estado de funcionamiento la mayor parte del tiempo, cumpliendo más eficientemente el propósito para el cual han sido diseñados.

Este programa pretende cambiar la manera de cómo se práctica el mantenimiento dentro de la empresa, dejando de ser un mantenimiento netamente correctivo pasando a ser un mantenimiento preventivo, el cual ayudará a aumentar la eficiencia de los equipos de mayor criticidad como el compresor y chillers.

Los beneficios adquiridos con este plan de mantenimiento están relacionados directamente con la vida útil de los equipos, pues se realizará una inspección periódica de cada una de las máquinas que son de primera utilidad para la productividad de la planta. Por este motivo



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Fluidos Industriales Mexicanos se verá beneficiado económicamente al no gastar fondos que no estén presupuestados en un mantenimiento correctivo inesperado y, además, de manera preventiva no se verá afectada por un posible paro de emergencia en la producción de fabricación de tubería de polietileno y en las demás actividades que se realizan.

Los aspectos que se pueden tomar como importantes para el desarrollo del diseño de plan maestro de mantenimiento en Fluidos Industriales Mexicanos es la formación de consciencia a los empleados sobre cuando exista un evento de alguna falla, deberá ser reportada al personal capacitado, o en su debido caso, a los técnicos de mantenimiento industrial de la empresa para prevenir posibles fallas y daños en los equipos que se están operando.

Además, se podrán mostrar los beneficios a mediano y largo plazo de este sistema, debido a que las fallas se pueden evitar generalmente si se tiene una inspección, revisión y otras labores de mantenimiento de manera programada y sistemática.

1.4 Hipótesis

- H0: Aplicando un plan de mantenimiento preventivo, no se logrará que se cumpla el 90% del mantenimiento total durante el semestre, ni se disminuirán los niveles de criticidad en los equipos.
- H1: Aplicando un plan de mantenimiento preventivo, se logrará que se cumpla el 90% del mantenimiento total durante el semestre, contribuyendo así a disminuir los niveles de criticidad en los equipos.

1.5 Objetivos generales y particulares

1.5.1. Objetivo general:

Cumplir con el 90% del mantenimiento preventivo a equipos críticos mediante un plan maestro de mantenimiento.

1.5.2. Objetivos particulares:

1. Determinar los niveles de criticidad en los equipos.
2. Diseñar el plan maestro de mantenimiento.
3. Verificar las actividades programadas en el plan.
4. Validar el plan maestro de mantenimiento.



2. MARCO TEÓRICO

El Mantenimiento nace durante la primera revolución Industrial, periodo que se inició en la segunda mitad del siglo XVIII en Gran Bretaña, unas décadas después se extendió a gran parte de Europa occidental y América Anglosajona y finalmente concluyó entre 1820 y 1840.

En los inicios eran los propios operarios quienes realizaban este tipo de tareas de mantenimiento, no había personal dedicado única y exclusivamente a esta actividad. Con la aparición de maquinaria más compleja se vio la necesidad de crear un departamento dedicado al mantenimiento dentro de las fábricas.

Durante la Segunda Guerra Mundial (1936-1945) aparece el concepto de fiabilidad que se define como la probabilidad de que un equipo funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas, por ejemplo; condiciones de presión, temperatura, velocidad, tensión, nivel de vibraciones, etc. Esto supone que el departamento de mantenimiento no solo va a realizar correctivos, también preventivos.

Además de mantenimiento preventivo surgen otros conceptos como: predictivo, proactivo, GMAO (gestión de mantenimiento asistida por ordenador) o RCM (mantenimiento basado en la fiabilidad).

La aparición de estos avances y nuevos conceptos hace que el departamento de mantenimiento requiera de personal cada vez más cualificado con unos determinados estudios. Este hecho implica un encarecimiento y profesionalización del departamento.

En los años 80's se trata de volver al inicio, aparece el TPM (mantenimiento productivo total) y algunas tareas del mantenimiento se transfieren de nuevo al personal de producción. Con la aparición del TPM, este se empieza a combinar con RCM. De ese modo, se definen que tareas realizar y que departamento las realizará: mantenimiento o producción.

En los últimos años, gracias a la digitalización de procesos y a la incorporación de las nuevas tecnologías, como los smartphones, al ámbito laboral aparecen herramientas de movilidad que son el complemento perfecto a cualquier GMAO. De nada sirve contar con un buen software si los técnicos que trabajan en campo, fuera de planta no pueden manejar toda la información que se tenga en el GMAO. Algunas apps permiten a los técnicos tener acceso a toda la información a través de las mismas y, además, se olvidan de realizar todos los reportes



en papel. Este hecho beneficia a otros departamentos como el de administración, permitiendo así mejorar la productividad.

Gracias a su continua evolución y a su adaptabilidad a las necesidades de los distintos sectores, las apps son una herramienta idónea para la realización de diferentes trabajos que van desde tareas de mantenimiento, hasta fichajes de entrada y salida, inspección de edificios, tareas de limpieza, lectura de contadores y control de residuos. Todo esto es posible gracias a su fácil integración con una amplia variedad de soluciones de software: GMAO, ERP, facility management, CRM, servicios técnicos etc.

Además, al ser un sistema offline y multiplataforma permite reportar en tiempo real desde todos los dispositivos. Hoy en día sigue habiendo empresas cuyo mantenimiento es únicamente correctivo. Aun así, es indiscutible que el mantenimiento es importante para que la empresa sea más productiva y para que aumente sus beneficios. La competencia exige reducir costes y ser más competitivo.

2.1 ¿Qué es el mantenimiento?

*“Es el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.”
(Iribarren, 2010)*

El mantenimiento industrial, a través de las técnicas y sistemas utilizados, permiten que la mejora en el funcionamiento de las máquinas y equipos, contribuyendo a la vez a los beneficios de la empresa. El mantenimiento tiene como finalidad alargar la vida útil del equipo de forma rentable para la entidad.

Sin embargo, otra manera de definir el mantenimiento sería que es el proceso por el cual se revisan a detalle todas las instalaciones, maquinaria, equipo y cualquier elemento de un proceso industrial para detectar fallas y mejoras con el fin de repararlos a tiempo.

El mantenimiento industrial es una herramienta fundamental para el buen funcionamiento de cualquier empresa de ámbito industrial ya que repercute directamente en su proceso productivo. Se trata de un aspecto muy importante a tener en cuenta en el desarrollo de cualquier proceso de producción sea cual sea el sector de actividad al que se dedique la empresa.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

El mantenimiento industrial es necesario para lograr un óptimo funcionamiento tanto de instalaciones, maquinaria y equipos como de los distintos espacios de trabajo que componen esas instalaciones industriales. Cabe mencionar que el mantenimiento también incluye los trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento correcto y el buen estado de conservación del sistema productivo.

El mantenimiento industrial es una inversión, que genera grandes beneficios entre los que podemos enumerar los siguientes:

- Previene y evita accidentes laborales aumentando así la seguridad para las personas que intervienen en el proceso productivo.
- Evitas y disminuyes pérdidas por paradas de la producción.
- Te permite contar con una documentación y seguimientos de los mantenimientos necesarios para cada equipo.
- Impide que surjan daños irreparables en tus instalaciones industriales.
- Aumenta la vida útil de tus equipos
- Reduce costes
- Conserva los bienes de equipo en buenas condiciones
- Mejora la calidad de tu actividad industrial

Un correcto mantenimiento industrial garantiza la producción en cualquier proceso industrial, contando con calidad y manteniendo en todo momento un correcto funcionamiento de los equipos.

2.2 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es un enfoque de mantenimiento que utiliza sensores para supervisar los datos en tiempo real sobre el estado de los activos, previniendo los fallos antes de que se produzcan.

“El mantenimiento predictivo supervisa directamente el rendimiento y el estado de los equipos durante su funcionamiento normal. Cuando un equipo de mantenimiento conoce el estado de cada activo en tiempo real, reduce las posibilidades de que se produzcan fallos. Una vez identificada, se puede prevenir un fallo previsto.” (Emaint, 2021)



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Por lo regular, las empresas utilizaban con anterioridad el mantenimiento preventivo, es decir, cuando las reparaciones se realizan después de que la maquinaria o equipo hayan presentado fallas.

El mantenimiento predictivo mantiene los costes bajos de varias maneras, ya que reduce:

- La frecuencia de las tareas de mantenimiento.
- El número de averías imprevistas.
- El despilfarro de recursos que supone el mantenimiento preventivo innecesario.

“Este tipo de mantenimiento es un mantenimiento más técnico y avanzado. Requiere de formación específica, conocimientos analíticos y necesita de equipos especializados. Al igual que el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo busca anteponerse a la avería. La diferencia es que se basa en la aplicación de herramientas o técnicas de detección de distintas variables que son indicio del estado de un equipo y que anticipan un futuro fallo como pueden ser la vibración, la presión o la temperatura.” (Norte, 2021)

El mantenimiento predictivo es el más importante, por ser el que acusa una gran cantidad de fallas. El mantenimiento predictivo nos ayuda a pronosticar el futuro fallo del componente o pieza de una máquina, de tal manera que pueda ser sustituido o reparado antes de que este falle. Esto nos permitirá minimizar el tiempo muerto de la máquina y aumentar la vida útil de la misma.

El objetivo de este proceso es revisar en detalle las técnicas usadas, para así poder utilizarlas de guía, con la finalidad de conocer el estado de vida en el que se encuentra la máquina y poder operar de manera más segura y económica.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con la automatización deben distinguirse en vigilancia, protección y diagnósticos:

- Vigilancia de máquinas, con el fin de indicar cuando existe el problema.
- Protección de máquinas, con el fin de evitar fallos. Cuando se detecte un fallo la máquina se detendrá automáticamente.
- Diagnóstico de fallos, con el fin de definir cuál es el problema específico y saber cuánto tiempo más podría funcionar la máquina.

El mantenimiento predictivo se lleva a cabo basándose en los siguientes análisis:



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

- **Análisis de vibraciones:** se basa en la identificación de las amplitudes que predominan en las vibraciones detectadas en la máquina, y desde ahí se podrán determinar las causas de las vibraciones y la corrección al problema que se puede ocasionar. El aumento de estas vibraciones representa un aumento de esfuerzo, pérdida de energía o desgaste de materiales.
- **Análisis de lubricantes:** este análisis se realiza dependiendo de las necesidades de la empresa.

Hay 3 tipos:

1. **Análisis iniciales:** Se hacen sobre productos de equipos que presentan dudas en los resultados de estudios de lubricación.
 2. **Análisis rutinarios:** se aplican a equipos de gran producción, teniendo como objetivo evaluar el desgaste de la máquina. Con este tipo de análisis, se pueden identificar los problemas derivados de la sobreproducción.
 3. **Análisis de emergencia:** son los realizados para detectar anomalías en la maquinaria.
- **Análisis por ultrasonido:** está basado en el estudio de las ondas de sonido de baja frecuencia, que el oído humano no puede percibir.
 - **Termografía:** es una técnica que permite medir y visualizar temperaturas de superficie mediante presión. Esto nos permite medir la energía radiante emitida por las máquinas o piezas, y observar si tiene una temperatura inadecuada que pueda desencadenar algún tipo de problema. Este método nos ofrece un análisis sin detención de procesos productivos y ahorrar costes entre otras muchas cosas.

2.2.1 Ventajas del mantenimiento predictivo

- **Ahorro en costos de repuestos:** se realizan cambios en el momento justo. Es decir, cuando la máquina lo requiera. De esta forma, se asegura un ahorro considerable en repuestos poco necesarios.
- **Mayor confiabilidad:** debido a que se obtendrá gran información acerca del estado de las máquinas, el personal calificado interpretará de forma sencilla, por lo que se podrán tomar decisiones referentes al tiempo a invertir en algún elemento.
- **Menores costos de mantenimiento:** al hacer seguimientos específicos a los equipos, reducimos considerablemente los mantenimientos correctivos hacia estos.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

- Menor tiempo de mantenimiento: se reducen considerablemente los tiempos de mantenimiento debido a que solo se cambian los repuestos adecuados.
- Reduce la cantidad de recursos humanos: a diferencia del mantenimiento correctivo y preventivo, el mantenimiento predictivo requiere menos personal activo. Esta estrategia reduce los trabajos urgentes y modifica el mantenimiento preventivo. Esto lo logra al reducir la necesidad de más técnicos de mantenimiento en la empresa.

2.2.2 Desventajas del mantenimiento predictivo

- Requiere una alta inversión inicial: los equipos usados en el mantenimiento predictivo están hechos de materiales especiales para obtener mediciones precisas. Por lo tanto, el uso de estas herramientas de medición significa un alto costo inicial.
- Requiere de personal calificado: la aplicación de esta estrategia necesita de personal calificado para recoger y analizar los datos. De igual forma, es necesario invertir en la capacitación de nuestro personal para que en un futuro tengan las habilidades necesarias para llevar a cabo las rutinas de mantenimiento.
- No aplica para todas las empresas: cada empresa tiene un enfoque particular. Por lo tanto, en muchas no se puede aplicar el mantenimiento predictivo. Para aplicar esta estrategia de mantenimiento se deben acordar correctamente los tiempos, alcances y la cooperación entre distintas áreas dentro de la empresa.

2.3 Mantenimiento preventivo

“Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.” (Iribarren, 2010)

“Se define como mantenimiento preventivo a la acción de revisar de manera sistemática y bajo ciertos criterios a los equipos o aparatos de cualquier tipo (mecánicos, eléctricos, informáticos, etc.) para evitar averías ocasionadas por uso, desgaste o paso del tiempo. (Vidal, 2021)

Realizar un mantenimiento preventivo evitará que el equipo sufra averías más costosas de reparar y se pueda alargar la vida útil del mismo. El mantenimiento preventivo se adelanta a las averías antes de que ocurran o hace que sean menos graves, por lo que disminuye el gasto en reparaciones y el tiempo en el que los equipos dejan de estar operativos debido a las mismas.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

“En lo que respecta al mantenimiento preventivo de instalaciones industriales podemos decir que es aquel enfocado a la prevención de fallos en equipos e instalaciones con el objetivo de reducir riesgos. Intenta reducir errores o averías con una revisión constante y planificada según las necesidades de cada industria.” (Norte, 2021)

Existen tres tipos de mantenimientos preventivos y el conjunto de todos ellos forma un plan de mantenimiento:

1. Mantenimiento programado: se realizan por tiempo, kilómetros u horas de funcionamiento.
2. Mantenimiento predictivo: es realizado al final del período estimado máximo de utilización.
3. Mantenimiento de oportunidad: se aprovecha el período en el que no se está utilizando el equipo para realizar el mantenimiento y evitar cortes de producción.

Las características principales del mantenimiento preventivo son las siguientes:

- Se realiza de forma periódica y rutinaria.
- Es un tipo de mantenimiento cuyas tareas y presupuestos son planificadas. Tiene un tiempo de inicio y de culminación.
- Se realiza en condiciones de control total para evitar accidentes, mientras el equipo está parado.
- Se busca anticipar las futuras fallas o daños de los equipos.
- El fabricante generalmente recomienda cuándo hacerlo, a través de manuales técnicos.
- Las actividades que se realizan siguen un programa previamente elaborado.
- Ofrece la posibilidad de actualizar la configuración técnica de los equipos.

2.3.1 Ventajas del mantenimiento preventivo

- Bajo costo en relación con la contratación del mantenimiento predictivo externo.
- Reducción importante del riesgo por fallas o fugas.
- Reduce la probabilidad de paros imprevistos.
- Permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en los equipos.



2.3.2 Desventajas del mantenimiento preventivo

- Se requiere tanto de experiencia del personal de mantenimiento como de las recomendaciones del fabricante para hacer el programa de mantenimiento a los equipos.
- No permite determinar con exactitud el desgaste o depreciación de las piezas de los equipos.

2.4 Mantenimiento correctivo

“Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo.” (Garrido, 2009)

El mantenimiento correctivo se refiere a la reparación de averías cuando surgen, como base de su mantenimiento: más del 90% del tiempo y de los recursos empleados en mantenimiento se destinan a la reparación de fallos.

“Las averías y los comportamientos anormales no sólo ponen en riesgo la producción, sino que también pueden suponer accidentes con riesgos para las personas o para el medio ambiente.” (Garrido, 2009)

Tipos de mantenimiento correctivo

- **Mantenimiento correctivo no planificado:** también conocido como impredecible se produce cuando los equipos sufren realmente una avería que a menudo da lugar a un tiempo de inactividad.
Este mantenimiento no planificado puede ser el resultado de un fallo prematuro de las piezas o de la falta de supervisión del rendimiento del equipo. De cualquier manera, tiende a ser caótico, porque los procedimientos de reparación son de emergencia.
- **Mantenimiento correctivo planificado:** la corrección planificada, o predicha, es el tipo que se produce cuando se detecta una caída en el rendimiento de un equipo. Por lo tanto, las intervenciones no son de emergencia y pueden ser programadas.
Sin embargo, mientras que la máquina funciona con un rendimiento menor, se pierde de dos maneras. En primer lugar, está la caída de la productividad debido al mal rendimiento. Y, por último, la máquina en cuestión es virtualmente una bomba de tiempo, lo que significa que puede detenerse en cualquier momento.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

El mantenimiento correctivo planificado también puede ocurrir por elección del gerente. Después de un análisis, se concluye que operar el equipo hasta el fracaso es la mejor alternativa.

“En el modelo de mantenimiento correctivo, la operación se realiza sólo cuando hay un fallo o una avería. En cambio, en el mantenimiento preventivo, el equipo tiene planes de mantenimiento para evitar/prevenir los fallos más complejos.” (Iribarren, 2010)

2.4.1 Ventajas del mantenimiento correctivo

- Menores costos a corto plazo: al tratarse de una actividad reactiva, hay muy poco que hacer después de la compra y antes de que se produzca un problema.
- Planificación mínima requerida: el mantenimiento correctivo consiste en corregir una falla identificada en un componente específico de un equipo o instalación marcado en el momento, por lo que no hay necesidad de una planificación compleja y oportuna.
- Proceso más sencillo: el proceso es fácil de entender, ya que sólo se requiere actuar cuando se produce algún tipo de problema.
- La mejor solución en algunos casos: cuando se cree que los costos de parada y reparación en caso de avería serán inferiores a la inversión necesaria para el Mantenimiento Preventivo.

2.4.2 Desventajas del Mantenimiento Correctivo

- Imprevisibilidad: el equipo no se supervisa después de la compra, por lo que los fallos son muy imprevisibles.
- Tiempo de inactividad: las fallas inesperadas pueden resultar en materiales no disponibles y, por lo tanto, retrasar el tiempo necesario para una reparación, aumentando el tiempo de inactividad del equipo.
- Equipo no maximizado: este enfoque no protege ni cuida el equipo, lo que reduce la vida útil de los bienes.
- Mayores costos a largo plazo: el mantenimiento correctivo se aplica cuando se cree que el tiempo de inactividad y los costos de reparación en caso de avería serán inferiores a la inversión necesaria para el mantenimiento planificado.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

- Cuando se produce un fallo grave o crítico, puede ser extremadamente costoso, causando efectos negativos en la reputación, la satisfacción de los clientes, la seguridad y la capacidad de dirigir un negocio de forma eficiente y productiva.

¿Cuándo usar el mantenimiento correctivo?

- a) Equipos de menor importancia o que tengan varias piezas de repuesto. Es decir, en herramientas o pequeñas máquinas que pueden ser rápidamente reemplazadas cuando fallan.
- b) Se puede usar en productos cuyo mantenimiento correctivo es extremadamente barato y rápido. En estos casos -que suelen ser raros- hacer otros tipos de mantenimiento, como el predictivo, puede ser más caro.
- c) Se puede adoptar un mantenimiento correctivo planificado en equipos cuyo rendimiento decreciente no se convierta en problemas de seguridad y no afecte a la productividad en general. Sin embargo, es importante tener presente que cuando se detecta una disminución del rendimiento, el mantenimiento debe hacerse lo antes posible para evitar problemas importantes.

2.5 Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF)

El análisis de modo y efecto de las fallas permite identificar, caracterizar y evaluar el riesgo de las fallas potenciales de un proceso o producto.

“La metodología del análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF, FMEA, Failure Mode and Effects Analysis; en España también se le conoce como análisis modal de fallos y efectos (AMFE)), el cual permite identificar las fallas potenciales de un producto o un proceso y, a partir de un análisis de su probabilidad de ocurrencia, formas de detección y el efecto que provocan; estas fallas se jerarquizan, y para aquellas que vulneran más la confiabilidad del producto o el proceso será necesario generar acciones para eliminarlas o reducir el riesgo asociado con las mismas.” (Pulido, 2013)

La aplicación estándar de esta metodología se basa en el manual desarrollado para la industria automotriz por Chrysler, Ford y GM, que a la fecha ha desarrollado cuatro ediciones en los años 1993, 1995, 2001 y 2008. La metodología tiene dos enfoques, una hacia el diseño (AMEF-D) y otra hacia el proceso (AMEF-P), aunque aquí se desarrolla esta última, ambas comparten procedimientos muy similares, como puede verse en FMEA.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Aplicar AMEF a procesos y productos se ha vuelto una actividad casi obligada en muchas empresas. AMEF es una metodología analítica utilizada para asegurar que los problemas potenciales han sido considerados y analizados a lo largo del diseño del producto y el proceso. Cada AMEF debe asegurar que se da la atención a cada componente del producto o el proceso. A los componentes críticos se les debe dar alta prioridad.

Uno de los factores críticos para la implementación efectiva del AMEF es el tiempo. En el sentido en que la acción se dé antes del evento de la falla, y no después de la falla. De tal forma que el AMEF cobra más valor si se desarrolla en las etapas de diseño del producto y el proceso. De cualquier forma, en productos y procesos ya operando se debe aplicar el AMEF ya sea por primera vez o actualizando los análisis hechos con anterioridad, como una forma de identificar el tipo de fallas potenciales y establecer prioridades para actuar sobre estas fallas.

El AMEF originalmente se orientó a detectar fallas durante el diseño o rediseño del producto, así como fallas en el proceso de producción. Ejemplos de fallas en diseño son: no se dispara el flash en una cámara fotográfica, fugas en el sistema de frenos, fracturas prematuras en las piezas de un carro, etc. Ejemplos de fallas en procesos son: fallas en el proceso de pulido de un carro, fallas en el proceso de templado, etc. Como se aprecia en estos ejemplos, una falla en diseño (producto) o en el proceso repercute finalmente en el cliente, ya sea interno o externo.

Por ello, con el paso de los años se ha ampliado el campo de aplicación del AMEF, a aspectos como los siguientes:

- Las fallas y obstáculos impiden que la instalación de un equipo sea fácil y rápida.
- Los modos de falla potenciales que obstaculizan que el mantenimiento y/o el servicio a un equipo sea fácil y rápido.
- La facilidad de utilización de un equipo.
- Seguridad y riesgos ambientales.



3. ESTADO DEL ARTE

En la siguiente tabla se muestran algunos trabajos de investigación realizados y relacionados al tema que se está abordando con la finalidad de apoyarnos con la información que nos brindan.

Tabla 3.1. Trabajos relacionados a plan maestro de mantenimiento.

Autor	Año	Título	Aportaciones o principales conclusiones
GUSTAVO CERVANTES GONZÁLEZ	2011	Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte Europeo S.A. de C.V.	Los sistemas de mantenimiento preventivo son aplicables a cualquier organización, y surge como necesidad de adelantarse a las fallas para evitar sobre costos por paro de maquinarias, incumplimiento en la entrega y daños graves en los componentes de la maquinaria. El mantenimiento de equipos, infraestructura, herramientas, maquinaria, etc. Representa una inversión que a mediano y a largo plazo acarreará ganancias no sólo para el empresario sino también repercutirá en mejoras de producción, e índices de siniestralidad bajos.
ERICK FERNANDO CORNÚ BARRÓN	2010	Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para la empresa MORALY.	El mantenimiento está considerado como un órgano funcional y técnico, cuyo encuadre depende del menor o mayor alcance de las funciones que le sean asignadas según la política de mantenimiento de la empresa. El mantenimiento garantiza el funcionamiento eficaz de los recursos de manera preventiva y/o correctiva. El programa de mantenimiento, deberá de amoldarse perfectamente a las necesidades que se presentan.
JERSON JAIR RIERA CHÁVEZ	2012	Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador.	El diseño y la implementación del mantenimiento industrial preventivo y correctivo, es una de las bases para garantizar la disponibilidad y eficacia de las maquinarias de una planta industrial, esto influye directamente en la calidad y los costos de los productos que allí se elaboran. La planeación del mantenimiento de la planta siempre dependerá de la planificación de la producción.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

			<p>Los procedimientos establecidos para realizar las tareas de mantenimiento preventivo surgen a partir de acciones correctivas, cuando las máquinas carecen de libros de vida.</p> <p>Capacitar al personal asegura el 95% de la efectividad de los trabajos de mantenimiento, ayudando a cumplir con las tareas de poca dificultad.</p>
JUAN CARLOS VALDIVIESO TORRES	2010	Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplas S.A.	<p>Para nadie es un secreto la exigencia que plantea una economía globalizada, mercados altamente competitivos y un entorno variable donde la velocidad de cambio sobrepasa en mucho nuestra capacidad de respuesta. En este panorama estamos inmersos y vale la pena considerar algunas posibilidades que siempre han estado, pero ahora cobran mayor relevancia. Particularmente, la imperativa necesidad de redimensionar la empresa implica para el mantenimiento, retos y oportunidades que merecen ser valorados.</p> <p>Debido a que las ganancias se obtenían de la venta de productos, éstas se invertían solo en la línea de producción. El mantenimiento fue “un problema” que surgió al querer producir continuamente, de ahí que fue visto como un mal necesario, una función subordinada a la producción cuya finalidad era reparar desperfectos en forma rápida y barata.</p>
ENRIQUE CHANG NIETO	2008	Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa para la reducción de costos	<p>El mantenimiento preventivo genera un conjunto de planes que deben realizarse en fechas pre programadas, siendo estos planes muy completos</p> <p>debido a que en estos se detallan todos los materiales, las herramientas y los repuestos a emplearse en dicho mantenimiento, también se tiene el detalle del personal técnico y el personal a cargo de la reparación.</p> <p>El mantenimiento preventivo evita las paradas no programadas, las cuales se generan debido a que el personal está acostumbrado a hacer trabajar las máquinas por largos períodos de tiempo sin efectuar mantenimiento gracias a la velocidad que poseen al reparar las fallas bajo presión. Los</p>



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

			<p>trabajos a la ligera deben evitarse debido a que las zonas en las que se trabaja son muy peligrosas.</p> <p>Se ha notado que existe un alto costo por excesivo mantenimiento correctivo debido a que no se cuenta con los controles preventivos necesarios, la gerencia desconoce el costo de oportunidad, los sistemas de seguridad no funcionan eficientemente, la escasez de repuestos y el control preventivo nulo de los equipos enviados.</p>
PAOLA JULIANA USCÁTEGUI CRISTANCHO	2014	Propuesta de mejoramiento de gestión de mantenimiento para el departamento de confiabilidad y proyecto en la empresa Petrosantander Colombia.	<p>El mantenimiento tiene uno de los mayores costos operativos controlables en la industria en capital, mientras que la confiabilidad des la clave para alcanzar un mantenimiento efectivo. Es también una función crítica del negocio que impacta en el servicio al cliente, riesgo comercial, producción de la planta, calidad de productos, seguridad y medio ambiente. El dilema que la mayoría de los gerentes enfrenta en las organizaciones es que escasamente cuentan con los recursos para tener la planta funcionando, mucho menos para encontrar maneras de mejorar la confiabilidad. Por lo general se presentan más fallas inesperadas de las que se esperan y éstas consumen los escasos recursos de manera ineficiente. La gestión de mantenimiento se caracterizaba por procesos de planeación o programación de los trabajos muy pobres o inexistentes, falta de organización.</p>
HARRY ALLAN CANTORAL VERA	2009	Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la industria de café Quetzal.	<p>El mantenimiento ha jugado papel importante no solo en la industria, sino en situaciones cotidianas de nuestra vida. Lo que realmente se desea lograr es mantener el bien en buenas condiciones, capaz de prestar un servicio cuando lo necesitemos con el menor costo posible. Dichas actividades requieren factores económicos, humanos y tiempo para llevarlo a cabo. Para realizar el mantenimiento, es necesario contar con una planificación y organización, como base, para mantener el servicio deseado al menor costo posible. Por tradición se ha observado que los ingenieros y técnicos en mantenimiento, les dan una mayor importancia a los aspectos</p>



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

			<p>de tipo técnico y como un plano secundario a los administrativos y logísticos lo que conlleva a bajo nivel de servicio, alto costo y demasiadas tensiones y fricción en la ejecución del trabajo.</p> <p>Para un mantenimiento preventivo es necesario contar con el apoyo de todo el personal dentro de la empresa para poder planificarlo adecuadamente, es de suma importancia mencionar, que la base del mantenimiento preventivo, está en función del tiempo.</p> <p>El desgaste de piezas en una máquina es una de las principales causas que se deben de minimizar con un buen mantenimiento para evitar el deterioro repentino de las máquinas.</p>
Antonio Figuroa Pérez	2009	Diseño de un plan de mantenimiento preventivo como estrategia de trabajo en el área de material rodante del S.T.C. “Taller Zaragoza”.	<p>La aparición de fallos y verías en los componentes de una instalación industrial, trae consigo la disminución de los beneficios que pudieran derivarse del proceso productivo en cuestión. Aquellas verías que dan lugar a la indisponibilidad del proceso, provocan una merma de ingresos y, asimismo, originan un incremento de los costos de explotación, ya que, como mínimo, habrá que reparar o sustituir el equipo averiado. Las estrategias convencionales de “reparar cuando se produzca la avería” ya no sirven. Fueron válidas en el pasado, pero ahora se es consciente de que esperar a que se produzcan la avería para intervenir, es incurrir en unos costes excesivamente elevados (pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, etc.) y por ellos, las empresas industriales se plantearon implementar procesos de prevención de estas averías mediante un adecuado programa de mantenimiento.</p>

Fuente: Elaboración propia con base a los siguientes autores: (González, 2011), (Barrón, 2010), (CHÁVEZ, 2012), (Torres, 2010), (Nieto, 2008), (USCÁTEGUI, 2014), (Vera, 2009), (Pérez, 2009)



4. METODOLOGÍA

Paso 1. Determinación de los niveles de criticidad en los equipos.

Durante este paso se llevan a cabo los inventarios de todos los equipos de la planta para conocer a detalle los equipos que hacen posible la producción, posteriormente determinar el nivel de criticidad de cada equipo.

Tabla 4.1. Inventario de equipos de FIMEX. Planta 1.

NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	CANTIDAD
Líneas de extrusión	BATTLENFEL -CINCINNATI	4
Tanques de vacío	BATTLENFEL -CINCINNATI	8
Tanques de enfriamiento	BATTLENFEL -CINCINNATI	12
Bombas de vacío	FRANKLIN ELECTRIC	8
Bombas de agua	FRANKLIN ELECTRIC	24
Jalador	KUAG	4
Cortadoras	KUAG	4
Winch	K UAG	4
Montacargas	TOYOTA	1
Grúa viajera	LD	1
Transformador	PROLEC	1
Chiller	DAIKIN	1
Compresor 1	KAESER	1
TOTAL		73

Fuente: Elaboración propia.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Tabla 4.2. Inventario de equipos de FIMEX. Planta 2.

NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	CANTIDAD
Línea de extrusión	BATTLENFEL -CINCINNATI	3
Tanques de vacío	BATTLENFEL -CINCINNATI	6
Tanques de enfriamiento	BATTLENFEL -CINCINNATI	9
Bombas de vacío	FRANKLIN ELECTRIC	11
Bombas de agua	FRANKLIN ELECTRIC	23
Jalador oruga	KUAG	3
Cortadoras	KUAG	3
Winch	KUAG	3
Montacargas	TOYOTA	1
Grúa viajera	LD	1
Transformador	PROLEC	1
Chiller	DAIKIN	1
TOTAL		65

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.3. Inventario de equipos de FIMEX. Conexiones.

NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	CANTIDAD
Máquinas de termo fusión	WORLDPOLY	6
Sierras	WORLDPOLY	3
Montacargas	NISSAN	1
TOTAL		10

Fuente: Elaboración propia.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Tabla 4.4. Inventario de equipos de FIMEX. Triturados.

NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	CANTIDAD
Trituradores	S/M	2
Sierras circulares	S/M	2
Montacargas	HELI	1
Molinos	S/M	2
TOTAL		7

Fuente: Elaboración propia.

Tablas de criticidad

La criticidad es el nivel de impacto e importancia que tiene una máquina, equipo o dispositivo en los procesos de una organización. El grado de prioridad determinará, a su vez, la intensidad y frecuencia con la que deberíamos prestar mantenimiento a un activo.

El objetivo de conocer la criticidad en mantenimiento es poder planificar un programa de trabajo acorde con las necesidades de los activos de la empresa.

De este modo, se busca focalizar el esfuerzo del equipo para alargar la vida útil de los activos maximizando la rentabilidad.

El sistema diferencia tres zonas de clasificación:

- Alta criticidad
- Mediana criticidad
- Baja criticidad

Se mide por medio de un análisis de criticidad en mantenimiento industrial. Este proceso se ejecuta para determinar qué elementos tienen prioridad de mantenimiento por ser más críticos para la organización.

Para llegar a este resultado, se define la cantidad y frecuencia de fallas y la importancia de la máquina en cuestión. Luego, se somete cada activo a seis criterios, divididos según su importancia.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Un programa de mantenimiento exitoso partirá de estas bases, pero no será suficiente si no llevas un monitoreo y control de las órdenes de trabajo y el desempeño de cada activo.

Se evaluará a cada equipo (como primer paso), el número de fallas o eventos ocurridos por mes con anterioridad.

Tabla 4.5. Fallas por mes.

Nivel de criticidad	Puntuación	Número de fallas por mes
Crítico	4	5 o más fallas por mes
Moderado	3	3- 4 fallas por mes
Considerable	2	2 fallas por mes
No crítico	1	0 - 1 falla por mes

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla es el indicador en el cual cada equipo se evaluará y se determinara la importancia que tiene y que tan grande es el impacto de cada uno para la producción.

Tabla 4.6. Impacto operacional.

Nivel de criticidad	Puntuación	Impacto operacional
Crítico	4	Toda la planta es afectada
Moderado	3	Afecta más de un área
Considerable	2	Sólo un área es afectada
No crítico	1	Sólo un equipo es afectado

Fuente: Elaboración propia.

Cada equipo es diferente y se evaluara con este indicador el soporte técnico de atención, si se cuenta con él o es necesario la atención técnica de mantenimiento externa a la planta. Así se asignará la puntuación a cada equipo.



Tabla 4.7. Flexibilidad operacional.

Nivel de criticidad	Puntuación	Flexibilidad operacional
Crítico	4	No hay reemplazo para el equipo
Moderado	3	Sólo hay soporte técnico en el extranjero
Considerable	2	Sólo hay soporte técnico con contratistas
No crítico	1	Hay soporte técnico en la misma empresa

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla hace referencia al impacto de seguridad industrial y ambiental que refleja cada equipo, cada equipo representa un impacto diferente, todos los equipos se deben operar con seguridad, pero unos son más peligrosos que otros, mediante a ello se asignara la puntuación necesaria.

Tabla 4.8. Impacto de seguridad y medio ambiente.

Nivel de criticidad	Puntuación	Impacto de seguridad y medio ambiente
Crítico	4	Se arriesga la vida del operador del equipo
Moderado	3	Daños mayores que ameritan la incapacidad del operador del equipo
Considerable	2	Daños menores que no ameritan incapacidad
No crítico	1	Daños menores que se atienden en la misma empresa

Fuente: Elaboración propia.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Las siguientes tablas muestran los costos del mantenimiento y de los equipos de acuerdo al nivel de criticidad, dichos montos son estimados de acuerdo a eventos históricos de la empresa FIMEX S.A. de C.V.

Tabla 4.9. Costo del mantenimiento

Nivel de criticidad	Puntuación	Costo del mantenimiento
Crítico	4	Mayor a \$50, 000.00 pesos
Moderado	3	De \$49,000.00 \$20, 000.00 pesos
Considerable	2	De \$19,000.00 \$5, 000.00 pesos
No crítico	1	Menor a \$5, 000.00 pesos

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.10. Costo del equipo

Nivel de criticidad	Puntuación	Costo del equipo
Crítico	4	Mayor a \$50, 000.00 pesos
Moderado	3	De \$20, 000.00 a \$50, 000.00 pesos
Considerable	2	De \$10, 000.00 a \$19, 000.00 pesos
No crítico	1	Menor a \$10, 000.00 pesos

Fuente: Elaboración propia.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Una vez que se conocen los indicadores con los cuales se efectuara la evaluación a los equipos anterior mente descritos en los inventarios, se realizara la evaluación mediante una tabla en la cual se comparan los equipos y se asignan la puntuación correspondiente que acreditan a cada equipo en la sección a evaluar en la cual se concentra cada uno de los indicadores. Tales como el número de fallas por mes, impacto operacional, flexibilidad operacional, impacto de seguridad y medio ambiente, costo de mantenimiento y costo de equipo, con base a los resultaos la evaluación para encontrar a los equipos con el nivel de criticad más alto va de 6 a 9 créditos se considera niel bajo, de 10 a 13 créditos obtenidos es nivel de criticidad medio y de 14 o más créditos de puntuación el niel se considera alto.

La finalidad de realizar la evaluación de criticidad es para llevar a cabo el desarrollo del plan maestro de mantenimiento conocer el programa, tareas y procesos de mantenimiento que debe aplicar.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Tabla 4.11. Equipos críticos.

Equipo	No. Fallas por mes	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Impacto de seguridad	Costo del mantenimiento	Costo del equipo	Total	Criticidad
Líneas extrusoras	1	1	1	1	2	4	10	MEDIO
Tanques de vacío	1	1	1	1	1	4	9	BAJO
Tanques de enfriamiento	1	1	1	1	1	4	9	BAJO
Cortadoras	1	1	1	2	2	2	9	BAJO
Jalador oruga	3	1	1	1	2	4	12	MEDIO
Winch	1	1	1	1	1	4	9	BAJO
Impresoras de marcaje	4	1	1	1	2	2	11	MEDIO
Bombas de agua	2	1	1	1	1	3	9	BAJO
Bombas de vacío	2	1	1	1	1	3	9	BAJO
Chiller planta 1	1	3	2	1	3	4	14	ALTO
Chiller planta 2	1	3	2	1	3	4	14	ALTO
Montacargas	1	1	2	2	2	2	10	MEDIO
Grúas viajeras	1	2	2	2	1	1	9	BAJO
Transformadores	1	2	2	1	2	4	12	MEDIO
Compresores	1	4	2	1	2	4	14	ALTO
Máquinas de termo fusión	2	1	1	1	2	2	9	BAJO
Sierras	1	1	1	2	1	3	9	BAJO
Trituradores	2	1	1	2	2	4	12	MEDIO
Cargadores	1	1	1	1	2	2	8	BAJO
Equipo de transporte	1	1	1	1	2	4	10	MEDIO

Fuente: Elaboración propia.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Paso 2. Diseño del plan maestro de mantenimiento.

El diseño del plan maestro se es visible en la tabla 4.12 la cual se evidenciará los mantenimientos programados se cumplan en tiempo y forma respecto a la propuesta realizada con la serie de tareas que se realizaran y se verificaran las actividades de los equipos críticos anteriormente evaluados.

Tabla 4.12. plan de mantenimiento preventivo a equipos críticos.



Fuente: Elaboración propia

Para poder llevar a cabo la selección de un tipo de mantenimiento que más se adapte a cada equipo, en primer lugar, lo que se debe realizar es una lista de los equipos que componen la empresa, para luego evaluar su nivel de criticidad, dicha lista ya fue realizada anteriormente.

Con la lista ya elaborada, se procede a la realización de la ficha técnica para cada uno de los equipos que componen la lista de los equipos críticos.

El formato de una ficha técnica generalmente consta de numeraciones, viñetas, tablas o listados. Puede contener logotipos o imágenes que sirven de guía indicándonos las características básicas o principales.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

“Una ficha técnica es un tipo de documento que nos expone las características principales de algo, sea cual sea el objeto. El tipo de ficha técnica y la información que en ella se encuentre dependerá mucho de la finalidad de la misma. Lo importante a considerar es que toda ficha técnica posee propiedades distintivas y características técnicas del objeto.” (Berdejo, 2020)

La ficha debe contener los datos más sobresalientes de cada uno de los equipos, dichos datos pueden ser los siguientes:

- Datos generales
- Características principales
- Fotografía del equipo
- Especificaciones del equipo, etc.

Los equipos críticos son los siguientes:

Chiller: es un refrigerador de líquido, que, como en un sistema de expansión directa, calienta o enfría mediante el intercambio térmico. Tiene como características principales: mantener el líquido refrigerado cuando está en función de frío o mantener el líquido calentado cuando está en función de bomba de calor.

Los chillers que existen dentro de las plantas 1 y 2 de la empresa FIMEX, por medio de una cisterna de almacenamiento de agua, son abastecidos mediante dos bombas de 25 HP, posteriormente el agua recircula dentro del sistema de enfriamiento para después ser bombeada a cada una de las líneas de producción, cuyas líneas cuentan tanques de vacío y de enfriamiento. Como se puede observar, el chiller es indispensable para que el agua sea enfriada, ya que, de lo contrario, el agua caliente o a una temperatura incorrecta ocasionaría que los tubos tengan irregularidades, provocando rechazos y con esto pérdidas en producción.



Figura 4.1. Chiller Planta 1

Fuente: Equipo FIMEX

FICHA TÉCNICA CHILLER PLANTA 1	
DATOS DEL EQUIPO	
DESCRIPCIÓN	CHILLER
MARCA	DAIKIN
AÑO DE FABRICACIÓN	10/10/2017
T° AMBIENTE MÁXIMA	95 °F
CAPACIDAD NOMINAL	300
PROCEDENCIA	E. E. U. U.
COLOR	BEIGE
No. Código de venta	AWV016AR14
No. MODELO	AWV016AJJNKKN00
No. SERIE	STNU171000063

MODEL NO:	AWV016AJJNKKN00
SERIAL NO:	STNU171000063
Staunton, VA 24402 Made in USA	
ALL UNITS HAVE THERMALLY PROTECTED SYSTEMS	
UNIT SCGR:	65 1A
ELECTRICAL DATA:	
COMPRESSOR/CIR#1:	QTY 1 231.0 RLA 2119 LRA 460_60_3 VOLTS/HZ/PH
COMPRESSOR/CIR#2:	1 231.0 RLA 2119 LRA 460_60_3 VOLTS/HZ/PH
COND. FAN HTR:	16' 3.3 FLA 1.4 HP 460_60_3 VOLTS/HZ/PH
EVAPORATOR HTR:	1 2.3 AMPS 115_60_1 VOLTS/HZ/PH
UNIT ELECTRICAL CIRCUIT:	POWER SUPPLY 460_60_3
ALL LOADS: COMMON SUPPLY CIRCUIT	
MINIMUM CIRCUIT AMPACITY (MCA): 581 AMP'S	
MAX OVERCURRENT PROTECTION (MOCP): 800 AMP'S	
CHARGE QTY: TOTAL 357 LBS DESIGN 325 PSIG HIGH SIDE 225 PSIG LOW SIDE	
CIRCUIT #1: 168 LBS RELIEF 325 PSIG HIGH SIDE MAX. 200 PSIG LOW SIDE MAX.	
CIRCUIT #2: 189 LBS FACTORY CHARGED REFRIGERANT R134A	
UNIT P/N:	AWV016AR14
FORMAT P/N:	334958011
CONFORMS TO 480-VA 510-1995 AHRI CERTIFIED www.ahridirectory.org NOTICE UNIT MEETS OR EXCEEDS THE REQUIREMENTS OF ASHRAE 90.1 	

Figura 4.2. Ficha técnica chiller planta 1.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4.3. Chiller Planta 2

Fuente: Equipo FIMEX.

DATOS DEL EQUIPO		FICHA TÉCNICA CHILLER PLANTA 2	
DESCRIPCIÓN	CHILLER	MODEL NO: AWV014AJFNNN00 SERIAL NO: STNU181000072	
MARCA	DAIKIN	ALL UNITS HAVE THERMALLY PROTECTED SYSTEMS UNIT SCCR <input type="text" value="65"/> KA	
AÑO DE FABRICACIÓN	10/09/2018	ELECTRICAL DATA: QTY COMPRESSOR/CIR#1 <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="220.0"/> RLA <input type="text" value="2119"/> LRA <input type="text" value="460_60_3"/> VOLTS/HZ/PH COMPRESSOR/CIR#2 <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="150.0"/> RLA <input type="text" value="976"/> LRA <input type="text" value="460_60_3"/> VOLTS/HZ/PH COND. FAN MTR. <input type="text" value="14"/> <input type="text" value="3.3"/> FLA <input type="text" value="1.4"/> HP <input type="text" value="460_60_3"/> VOLTS/HZ/PH COMPRESSOR HTR <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="8.7"/> AMPS <input type="text" value="460_60_1"/> VOLTS/HZ/PH EVAPORATOR HTR <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2.3"/> AMPS <input type="text" value="115_60_1"/> VOLTS/HZ/PH UNIT SINGLE POINT POWER SUPPLY POWER SUPPLY <input type="text" value="460_60_3"/> VOLTS/HZ/PH ALL LOADS: COMMON SUPPLY CIRCUIT MINIMUM CIRCUIT AMPACITY (MCA) <input type="text" value="480"/> AMPS MAX OVERCURRENT PROTECTION (MOCP) <input type="text" value="700"/> AMPS	
T° AMBIENTE MÁXIMA	95 °F	TOTAL HIGH SIDE LOW SIDE CHARGE QTY <input type="text" value="298"/> LBS DESIGN <input type="text" value="325"/> PSIG <input type="text" value="225"/> PSIG CIRCUI T #1 <input type="text" value="147"/> LBS RELIEF <input type="text" value="325"/> PSIG <input type="text" value="200"/> PSIG CIRCUI T #2 <input type="text" value="151"/> LBS <input type="text" value="YES"/> FACTORY CHARGED <input type="text" value="R134A"/> REFRIGERANT	
CAPACIDAD NOMINAL	224	UNIT P/N: AWV014AH04 FORMAT P/N: 334958011 	
PROCEDENCIA	E. E. U. U.	Staunton, VA 24402 Assembled in USA	
COLOR	BEIGE		
No. Código de venta	AWV014AH04		
No. MODELO	AWV014AJFNNN00		
No. SERIE	STNU181000072		

Figura 4.4. Ficha técnica chiller planta 2.

Fuente: Elaboración propia.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

De acuerdo a los datos técnicos obtenidos de la ficha de información técnica del equipo crítico a continuación, se plantean las propuestas estratégicas de mantenimiento a los equipos críticos de los cuales depende la producción total, para estas propuestas es importante saber qué tipo de mantenimiento es el óptimo y correcto para cada equipo.

Propuesta de mantenimiento para chiller Daikin planta No. 1 y planta No. 2

La importancia de realizar mantenimientos preventivos al chiller de la planta No. 1 y No. 2, es que el correcto mantenimiento preventivo es la clave para prevenir la mala operación en unidades generadoras de agua helada, disminuyendo considerablemente mantenimientos correctivos. El mantenimiento preventivo realizado adecuadamente, permite detectar fallas constantes o repetitivas, disminuyendo las probabilidades de mala operación y Aumentando la vida útil del equipo.

Mantenimiento semanal: consta de la revisión de todos los parámetros de operación anotados en las bitácoras de operación, con el fin de detectar anomalías en general, así como las mirillas de la línea de refrigerante que estén sin burbujas y de aceite, con presencia de este.

Mantenimiento mensual debe incluir los siguientes puntos:

- Revisión de la unidad para detectar componentes sueltos o daños, así como fugas de refrigerante
- Revisión de las protecciones de sobre amperaje
- Revisión de compresores y resistencias calefactoras de aceite
- Revisión y prueba de fugas de refrigerante
- Revisión de la caída de presión de las piedras deshidratadoras
- Revisión de la presión de aceite en compresores.

Mantenimiento anual debe incluir los siguientes puntos:

- Inspeccionar el aislamiento térmico
- Detalles de pintura, si es necesario
- Revisión y prueba de la secuencia en controles en general (prueba de servicio)
- Revisión de contactores y sustitución en caso de que alguno presente falso
- Revisión y reapriete de conexiones de control y fuerza



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

- Revisión y limpieza del panel de control
- Revisión de vibración del compresor
- Realizar prueba de acidez en aceite del compresor
- Limpieza de condensadores (esto puede ser requerido en más ocasiones), así como peinado, según sea el estado del serpentín
- Reapriete de tornillería en soportes de los motores ventiladores, así como compresores

Compresor: es una máquina diseñada para tomar el aire/gas del ambiente, almacenarlo y comprimirlo dentro de un depósito, una vez almacenado, lo podemos utilizar para darle potencia a herramientas y realizar múltiples tareas. En el caso de la industria, ese aire acumulado servirá para accionar cilindros, poner en marcha sistemas de transporte, soplado, etc.

Dentro de la empresa FIMEX se cuenta con el compresor de tipo tornillo. El funcionamiento de los compresores de tornillos se basa en la disminución del volumen de aire en la cámara de compresión donde se encuentra confinado, produciéndose el incremento de la presión interna hasta llegar al valor de diseño previsto, momento en el cual el aire es liberado al sistema acumulándolo a dos depósitos, los cuales deben mantener una presión mínima de 125 PSI, para su posterior abastecimiento a toda la planta de producción.



Figura 4.5. Compresor Kaeser.

Fuente: Equipo Fimex.

FICHA TÉCNICA COMPRESOR	
DATOS DEL EQUIPO	
DESCRIPCIÓN	COMPRESOR
MARCA	KAESER
AÑO DE FABRICACIÓN	2016
T° AMBIENTE MÁXIMA	115 °F
CAPACIDAD	50 HP
PROCEDENCIA	ALEMANIA
COLOR	AMARILLO-NEGRO
VOLTAJE NOMINAL	400-460V
FASES	3/50
FRECUENCIA	60 Hz


		KAESER KOMPRESSOREN SE Carl-Kaesler-Str. 26 GERMANY - 96450 Coburg www.kaeser.com	
Kältetrockner Refrigeration dryer	ABT 83		
Artikel – Nr. Part No.	1.8172.0		
Serien – Nr. Serial No.	2016		
Baujahr Year of production	2015		
Kältemittel Refrigerant	R134a		
Kältemittel – Füllmenge Charge of refrigerant	1,05 kg	2,3 lb	
Betriebsdr. (Kältesys) HD – Seite Work.press.(Refr.sys) HP – side	21,0 bar	300 psig	
Betriebsdr. (Kältesys) ND – Seite Work.press.(Refr.sys) LP – side	16,0 bar	230 psig	
Dichtheit geprüft Tested leak – free	<input checked="" type="checkbox"/>		
Max. Betriebsdruck (Luftsystem) Max. working pressure (Air system)	16,0 bar	230 psig	
Nennspannung / Phase / Frequenz Rated voltage / Phases / Frequency	400 460V/3/50	60Hz	
Nennstrom Rated current	-		
Umgebungstemperatur Ambient temperature	+ 3°C / + 45°C + 37°F / + 115°F		
MADE IN GERMANY			

Figura 4.6. Ficha técnica de compresor.

Fuente: Elaboración propia



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Propuesta de mantenimiento preventivo para compresor Kaeser.

La importancia de mantenimiento preventivo al compresor Kaeser que se encarga de abastecer de aire a la planta No. 1 y No. 2 para realizar distintas funciones y estas se realicen para ello se trata de garantizar la seguridad, la disponibilidad del equipo realizando el mantenimiento a la estación de aire comprimido, los técnicos del servicio darán asistencia realizando inspecciones y trabajos de mantenimiento.

Mantenimiento semanal:

- Verificar la limpieza del Panel Filtrante.
- Si se encuentra lleno de polvo, soplearlo.
- si el panel tiene manchas de Grasa o Aceite, lavarlo con agua y jabón.
- El panel puede lavarse hasta 6 veces máximo.

Cada equipo tiene un mantenimiento diferente como ya bien se conoce este es el caso del compresor la importancia de monitoreo al inicio de cada turno es esencial para evitar ser sorprendido por alguna alarma en el sistema que se presente en alguna falla, ya sea de falta de presión o alguna temperatura fuera de lo normal que pueda ocasionar la falta de compresión por ende que la planta se quede sin aire y exista un paro total de producción, el mantenimiento se realiza mediante a las horas de trabajo del equipo esto suele variar dependiendo en la capacidad que se encuentre trabajado el equipo, los mantenimientos que se realizan, son en horas de trabajo.



Solicitud de mantenimiento

Con base a la solicitud que el operador de cada una de las áreas que presenta una falla, por protocolo establecido, se deben seguir una serie actividades las cuales consisten en evidenciar y reportar la falla existente por medio de una solicitud de servicio de mantenimiento. El formato cuenta con dos oficios el cual el técnico debe de evaluar previamente y dar continuidad a solucionar el problema dependiendo la urgencia, el técnico se ve obligado a firmar el oficio, identificando la unidad o equipo, la urgencia de reacción si es inmediata o programada, con el fin de anexar un registro de fallas.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Tabla 4.13. Solicitud de servicio de mantenimiento.

		SOLICITUD DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO					
AREA QUE SOLICITA			FECHA / HORA SOLICITADA				
ELABORO SOLICITUD							
EQUIPO O UNIDAD		ATENCION		○	○	○	
				INMEDIATA	URGENTE	PROGRAMADA DA HRS	
TIPO DE FALLA REPORTADA							
MANTENIMIENTO		HORA QUE INICIO		HORA QUE TERMINA			
ACTIVIDAD PREVENTIVA/CORRECTIVA QUE SE REALIZA							
FECHA PROGRAMADA							

LA FECHA PROGRAMADA SOLO SE COLOCARA EN CASO DE QUE SE REQUIERA ALGUNA REFACCION, NO SE CERRARA LA ORDEN DE SERVICIO HASTA QUE EL TRABAJO SEA TERMINADO

Fuente: Elaboración propia



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Tabla 4.14. Reporte de fallas de la empresa FIMEX.



REPORTE DE FALLAS

Técnico:			
Turno:		Fecha:	
Área:		Equipo:	

Hora en que se reporta la falla:	
Hora en que se empieza a solucionar la falla:	
Hora en que se terminó de corregir la falla:	
Mala operación del personal:	
Tipo de falla (mecánica o eléctrica):	
Cuál era la falla en la maquina:	
Se tenía en existencia refacción:	
¿Qué refacciones se utilizaron?:	
Paro total la maquina:	
Tiempo total de paro:	
Tiempo total de reparación:	

Observaciones:

TECNICO FIRMA

SUPERVISOR FIRMA

Fuente: Elaboración propia



Paso 3. Verificación de las actividades programadas en el plan.

En el siguiente paso se procede a la verificación de las actividades planteadas en el plan maestro de mantenimiento con forme a la tabla de verificación 4.15 corresponde al equipo crítico de enfriamiento chiller Daikin, los cuales fingen un gran impactó operacional para la producción en la cual se evidenciará con afirmación o negación las tareas de mantenimiento, mismas que están descritas. Si se realizan correctamente anexando observaciones de la tarea realizada tres veces al mes, una actividad de mantenimiento por semana, dejando una semana alterna en que se ejecutan las actividades con la finalidad de documentar y controlar cada trabajo realizado evitando mantenimientos correctivos en los equipos críticos.

La lista de verificación en la tabla 4.16, corresponde al compresor Kaeser el cual es uno de los tres equipos críticos en los que se estará aplicando el plan maestro de mantenimiento. Es distinto al del sistema de enfriamiento chiller dado que cumple con otra función dentro de la planta y contiene componentes diferentes, se tiene como tarea realizar las actividades descritas en la lista de verificación correspondiente una vez por semana anexado observaciones de la actividad realizada para después ser anexada al archivo físico y digital.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Tabla 4.15. Lista de verificación de actividades programadas para Chiller planta 1 y 2.



	CHILLER DAIKIN						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
TECNICO:				FECHA:			
MARCA:		MODELO:			Nº DE MOTOR:		
SERIE:		AÑO:			PRESION:		
DESCRIPCION:							
ESTADO DEL EQUIPO:					TEMPERATURA		
VOLTAJE:	L-1	L-2	L-3	AMPERAJE:	L-1	L-2	L-3
INDICADORES					✓	✗	
Inspeccione la entrada y salida de agua en busca de fugas.							
Limpie e inspeccione el sumidero en busca de corrosión.							
Las bobinas de enfriamiento deben inspeccionarse y limpiarse las superficies. Compruebe si hay fugas, corrosión o aletas dobladas							
Los actuadores de control de zona deben inspeccionarse, limpiarse y realizarse todos los ajustes							
El compresor necesita varias áreas verificadas, estas incluyen: carga de refrigerante, vibración, calentador de cárter, niveles y cambios de aceite, temperaturas de funcionamiento y si hay fugas de refrigerante o aceite.							
Los ventiladores del condensador deben limpiarse, los rodamientos deben revisarse para detectar desgaste y lubricarse, y las correas y los acoplamientos deben verificarse y la estanqueidad debe verificarse o ajustarse según sea necesario.							
La bobina del condensador debe verificarse para detectar corrosión y fugas, y todos los hallazgos o peines deben verificarse para detectar secciones dobladas.							
La desconexión eléctrica debe inspeccionarse para un funcionamiento adecuado y los contactos deben inspeccionarse y limpiarse.							
El amortiguador de aire de escape debe inspeccionarse para un funcionamiento adecuado, lubricar los rodamientos y calibrarlo o ajustarlo para un funcionamiento óptimo.							
Los amortiguadores de aire de retorno también deben verificarse para un funcionamiento adecuado, calibración y lubricar los rodamientos.							
El amortiguador de aire fresco también debe ser inspeccionado, calibrado y los rodamientos lubricados.							
El secador de filtro también debe ser inspeccionado y cualquier filtro viejo, sucio o dañado debe ser reemplazado.							
OBSERVACIONES							
TECNICO FIRMA				SUPERVISOR FIRMA			

Fuente: Elaboración propia.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Tabla 4.16. Lista de verificación de actividades programadas para Compresor.

	COMPRESOR KAESER			
MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
TÉCNICO:		FECHA:		
MARCA:	MODELO:	N.º DE MOTOR:		
SERIE:	AÑO:	PRESIÓN:		
HORA DE OPERACIÓN:		HRS DE CARGA:		
DESCRIPCIÓN:				
ESTADO DEL EQUIPO:		Tº DE DESCARGA:		
VOLTAJE:	L-1	L-2	L-3	
AMPERAJE:	L-1	L-2	L-3	
INSPECCIÓN GENERAL			✓	✗
1	Aceite de motor	3,5,7		
2	Refrigerante	3,5,7		
3	Aceite de compresora	3,5,7		
4	Indicadores de tablero	4,6,9		
5	Presión máxima	9		
6	Válvulas ret. De salida	1,6,9		
7	Mangueras y acoples	4,6,7,12		
8	Combustible	3,5,7		
9	Manual del operador	6		
10	Manual serv. Y partes	6		
11	Tapas y protecciones	4,6		
12	Apariencia	1		
REFERENCIA CÓDIGOS DE INSPECCIÓN				
1. Pintura, oxido, manchas, limpieza		7. Fugas		
2. Ajuste		8. Lubricación		
3. Contaminación		9. Operación		
4. Abollado, doblado, quebrado		10. Terqueado apropiado		
5. Nivel de fluidos		11. Servicio del fabricante		
6. Instalación		12. Desgaste, quemado, cortado		
OBSERVACIONES				
TECNICO FIRMA			SUPERVISOR FIRMA	

Fuente: Elaboración propia.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Paso 4. Validación del plan maestro de mantenimiento.

En este paso se realiza la validación del plan maestro de mantenimiento a equipos críticos, realizando la comparación del primer semestre del año 2021 contra el segundo semestre del mismo año. Para lo anterior, se recolectó información clasificada en el departamento de mantenimiento industrial.

Tabla 4.17. Plan de mantenimiento preventivo a equipos críticos: primer semestre.

		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A EQUIPOS CRITICOS 2021																														
DESCRIPCIÓN	TIPO DE	ENERO				FEBRERO				MARZO					ABRIL					MAYO					JUNIO				MES			
	MANTENIMIENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	Nº				
COMPRESOR KAESER	Preventivos Programados	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	24
	Preventivos Realizados		OK	OK	OK		OK	OK	OK		OK	OK	OK					OK	OK				OK					OK	OK		OK	18
	Correctivos Realizados																															
CHILLER DAIKIN PLANTA 1	Preventivos Programados	1	1	1		1	1	1		1	1	1						1	1	1								1	1	1		18
	Preventivos Realizados		OK	OK			OK	OK			OK	OK	OK					OK	OK	OK								OK		OK		15
	Correctivos Realizados																															
CHILLER DAIKIN PLANTA 2	Preventivos Programados	1	1	1		1	1	1		1	1	1						1	1	1								1	1	1		18
	Preventivos Realizados		OK	OK			OK	OK			OK	OK	OK					OK	OK	OK								OK	OK	OK		16
	Correctivos Realizados																															

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el mantenimiento realizado en los primeros seis meses para el equipo critico compresor solo se cumplió con el 75%.

Tabla 4.18. Porcentaje de mantenimiento preventivo realizado al compresor Kaeser en el primer semestre del año 2021.

COMPRESOR KAESER		
ENERO - JUNIO 2021		
PREVENTIVOS PRGRAMADOS.	24	75.00%
PREVENTIVOS REALIZADOS.	18	

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el mantenimiento realizado en los primeros seis meses para el equipo critico Chiller Daikin planta 1 se realizó en un 83.33% sin lograr el objetivo.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Tabla 4.19. Porcentaje de mantenimiento preventivo realizado al Chiller Daikin planta 1 en el primer semestre del año 2021.

CHILLER DAIKIN PLANTA 1		
ENERO -JUNIO 2021		
PREVENTIVOS PRGRAMADOS.	18	83.33%
PREVENTIVOS REALIZADOS.	15	

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el mantenimiento realizado en los primeros seis meses para el equipo critico Chiller Daikin planta 2 se realizó en un 88.89% aproximándose a lograr el objetivo.

Tabla 4.20. Porcentaje de mantenimiento preventivo realizado al Chiller planta 2 en el primer semestre del año 2021.

CHILLER DAIKIN PLANTA 2		
ENERO -JUNIO 2021		
PREVENTIVOS PRGRAMADOS.	18	88.89%
PREVENTIVOS REALIZADOS.	16	

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla, correspondiente al segundo semestre julio a diciembre, donde se llevará a cabo la ejecución del plan maestro de mantenimiento con la finalidad de obtener mejores resultados, los cuales anteriormente se quedaron escasos, ya que los porcentajes estaban bajos, por lo que no cumplían el mínimo requerido que el objetivo marca, es decir es lograr al menos con el 90%.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Tabla 4.21. Plan de mantenimiento preventivo a equipos críticos: segundo semestre.

FIMEX <small>FUNDOS INDUSTRIALES MEXICANOS S.A. DE CV</small>		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A EQUIPOS CRITICOS 2021																								 <small>CENTRO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN Y PROMOCIÓN</small>	
DESCRIPCIÓN	TIPO DE MANTENIMIENTO	JULIO				AGOSTO					SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				MES
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
COMPRESOR KAESER	Preventivos Programados	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22
	Preventivos Realizados	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	22
	Correctivos Realizados																										
CHILLER DAIKIN PLANTA 1	Preventivos Programados	1	1	1		1	1	1			1	1	1		1	1	1		1	1	1		1	1	1		18
	Preventivos Realizados	OK	OK	OK		OK	OK	OK			OK	OK	OK		OK	OK	OK		OK	OK	OK		OK	OK	OK		18
	Correctivos Realizados																										
CHILLER DAIKIN PLANTA 2	Preventivos Programados	1	1	1		1	1	1			1	1	1		1	1	1		1	1	1		1	1	1		18
	Preventivos Realizados	OK	OK	OK			OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	OK		OK	OK	OK		OK	OK	OK		18
	Correctivos Realizados																										

Fuente: Elaboración propia.

Dentro del periodo de julio a diciembre se programaron 22 servicios de mantenimiento al compresor Kaeser, número de tareas que se realizaron y documentaron las actividades de mantenimientos, cumpliendo y superando el objetivo establecido para los equipos críticos.

Tabla 4.22. Porcentaje de mantenimiento preventivo realizado al compresor Kaeser en el segundo semestre del año 2021

COMPRESOR KAESER		
JULIO-DICIEMBRE 2021		
PREVENTIVOS PROGRAMADOS.	22	100.00%
PREVENTIVOS REALIZADOS.	22	

Fuente: Elaboración propia.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Los dos sistemas de enfriamiento Chiller Daikin, dentro del plan maestro de mantenimiento se programó un total de 18 servicios por cada equipo, se llevaron a cabo en el segundo semestre del año 2021, logrando y superando el objetivo establecido con un 100% de trabajos efectuados con éxito, conservando los equipos críticos en las mejores y óptimas condiciones de trabajo.

Tabla 4.23. Porcentaje de mantenimiento preventivo realizado al Chiller Daikin planta 1 en el segundo semestre del año 2021.

CHILLER DAIKIN PLANTA 1		
JULIO-DICIEMBRE 2021		
PREVENTIVOS PRGRAMADOS.	18	100.00%
PREVENTIVOS REALIZADOS.	18	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.24. Porcentaje de mantenimiento preventivo realizado al Chiller Daikin planta 2 en el segundo semestre del año 2021.

CHILLER DAIKIN PLANTA 2		
JULIO-DICIEMBRE 2021		
PREVENTIVOS PRGRAMADOS.	18	100.00%
PREVENTIVOS REALIZADOS.	18	

Fuente: Elaboración propia.



5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A lo largo de los capítulos expuestos, se dio a conocer información relevante para el desarrollo de los mismos, así como también información acerca de la empresa y la manera en que lleva a cabo su plan de mantenimiento, desde el reporte de la falla hasta el mantenimiento realizado. De igual manera se explicó en lo que consiste el mantenimiento, los diferentes tipos de mantenimiento que existen y demás información general para comprender más fácilmente el tema.

De acuerdo con el objetivo principal, lo que se pretende con la aplicación del mismo es cumplir con el 90% mínimo del mantenimiento a los equipos de mayor nivel de criticidad. Primeramente, se realizó un análisis sobre los mantenimientos que lleva a cabo la empresa FIMEX, observando cómo estaban programados y, una vez llegada la fecha, verificando si realmente cumplían con lo programado.

Cuando se realizó el mantenimiento programado, se procedió a observar quién lo realizaba, cómo lo realizaba y qué máquinas o herramientas utilizaba para llevar a cabo su trabajo, posteriormente, se analizó lo anterior con la finalidad de encontrar algunas posibles fallas o debilidades que pudieran presentar los equipos críticos, y como resultado de lo anterior, surge la necesidad de realizar un análisis del modo y efecto de fallas, mejor conocido como AMEF (véase en Anexos), éste consiste en una tabla que contiene información acerca de las fallas de un equipo en específico, con el propósito de realizar una evaluación de mejora.



6. CONCLUSIONES

Se realizó el programa de mantenimiento correspondiente al segundo semestre del año 2021, donde se programaron los mantenimientos preventivos como propuesta, verificando que se realizaran, evidenciándolos con el formato donde se reporta el mantenimiento a cada equipo crítico y anexándolo a un archivo de almacenamiento físico y digital.

Se mostraron los dos planes de mantenimiento programados para cada semestre. Si se analizan ambas tablas se observará que durante la primera mitad del año no se realizaban todos los mantenimientos programados, por lo cual se puede decir que el objetivo de cumplir con el 90% de dichos mantenimientos no se cumplió, pues el porcentaje más alto alcanzado fue del 88.89%, sin embargo, en el semestre de julio a diciembre 2021, los porcentajes alcanzados fueron del 100% en cada uno de los equipos críticos, lo cual demuestra que el objetivo establecido inicialmente se cumplió.

Además de haber incrementado el número de mantenimientos programados realizados, se tiene como otro beneficio la disminución de fallas en los equipos críticos, ya que al realizarse con mayor frecuencia los mantenimientos se detecta antes una posible falla, por lo que el mantenimiento correctivo ya no resulta tan necesario.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para FIMEX son las siguientes:

- Tener o solicitar toda herramienta y material correcto sin escatimar para realizar una buena tarea de manteniendo.
- Realizar un análisis de área de trabajo, delimitando área con cinta o cadena de precaución para que personal ajeno al área de mantenimiento interfiera en la actividad así evitar accidentes.
- La seguridad es lo más importante, aplicar el sistema de Loto, asegurando con candados de seguridad la fuente de alimentación si es interrumpida, en caso de ser necesario, ya que la mayoría de los equipos se encuentran eléctricamente activos, así evitar que personal ajeno pueda mover el sistema durante el trabajo de mantenimiento.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

- Realizar un check list del equipo, realizar las observaciones necesarias de condiciones.
- Una vez realizada la tarea de mantenimiento describir las actividades realizadas en el formato propuesto, si no lo tiene solicitarlo al supervisor de mantenimiento.
- La organización y limpieza es de suma importancia para un buen trabajo profesional de mantenimiento.
- Disponer de el plan de mantenimiento en un lugar accesible para cualquier duda, y continuar retroalimentándolo con información técnica actualizada, de los nuevos equipos de alto nivel de impacto operacional.
- Realizar auditoría interna a personal técnico, para revisar que se cumpla con todas las tareas de mantenimiento en tiempo y forma como se estipula en el programa.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

7. ANEXOS

Anexo 1.- AMEF de Chiller planta 1 y 2

Chiller planta 1 y 2		Fecha:	dic-21	AMEF DE PROCESO.													
		AMEF	N° 1														
Evaluación frecuente.										Evaluación de mejora.							
Parte a analizar	Descripción	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causa potencial de la falla	Ocurrencia	Controles actuales de prevención	Controles actuales de detección	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Responsable -fecha	Acción tomada	Severidad	Ocurrencia	Detección	NRP
Compresor.	Comprime el gas de baja presión del evaporador para convertirlo en un gas de alta presión antes de viajar al condensador	Falta de presión de flujo de agua.	Baja presión de succión en un chiller.	9	Falla en dispositivos de expansión o sensores de temperatura y/o Falta de limpieza del evaporador	4	Realización De Mantenimiento Preventivo De Acuerdo Al Plan De Mtto.	Realización de inspección rutinaria, llenado de los check list.	6	216	Realizar auditorías al cumplimiento del programa de mantenimiento.	Supervisor . Aldair Blanco Mar/dic 21	Se tomo la acción recomendada	9	2	5	90
Sistema de control	Panel de control, donde se realizan los ajustes y especificaciones de para las condiciones en las que se requiere trabajar.	Falla de sensores.	Equipo inoperable. Apagado.	10	Equipo alarmado. Falta en sensores.	8	Realización de mantenimiento preventivo de acuerdo al plan de mtto.	Realización de inspección rutinaria, llenado de los check list.	2	160	Realizar auditorías al cumplimiento del programa de mantenimiento.	Supervisor . Aldair blanco mar/dic 21	Se tomo la acción recomendada	10	6	2	120
Circuito hidráulico	Circuito de una red de tuberías donde recircula el agua para abastecer la planta.	Tubería de circulación de agua dañada.	Presencia de aire en las tuberías	10	Mala operación de producción.	10	Realización de mantenimiento preventivo de acuerdo al plan de mtto.	Realización de inspección rutinaria, llenado de los check list.	5	500	Realizar auditorías al cumplimiento del programa de mantenimiento.	Supervisor . Aldair blanco mar/dic 21	Se tomo la acción recomendada	10	6	2	120



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

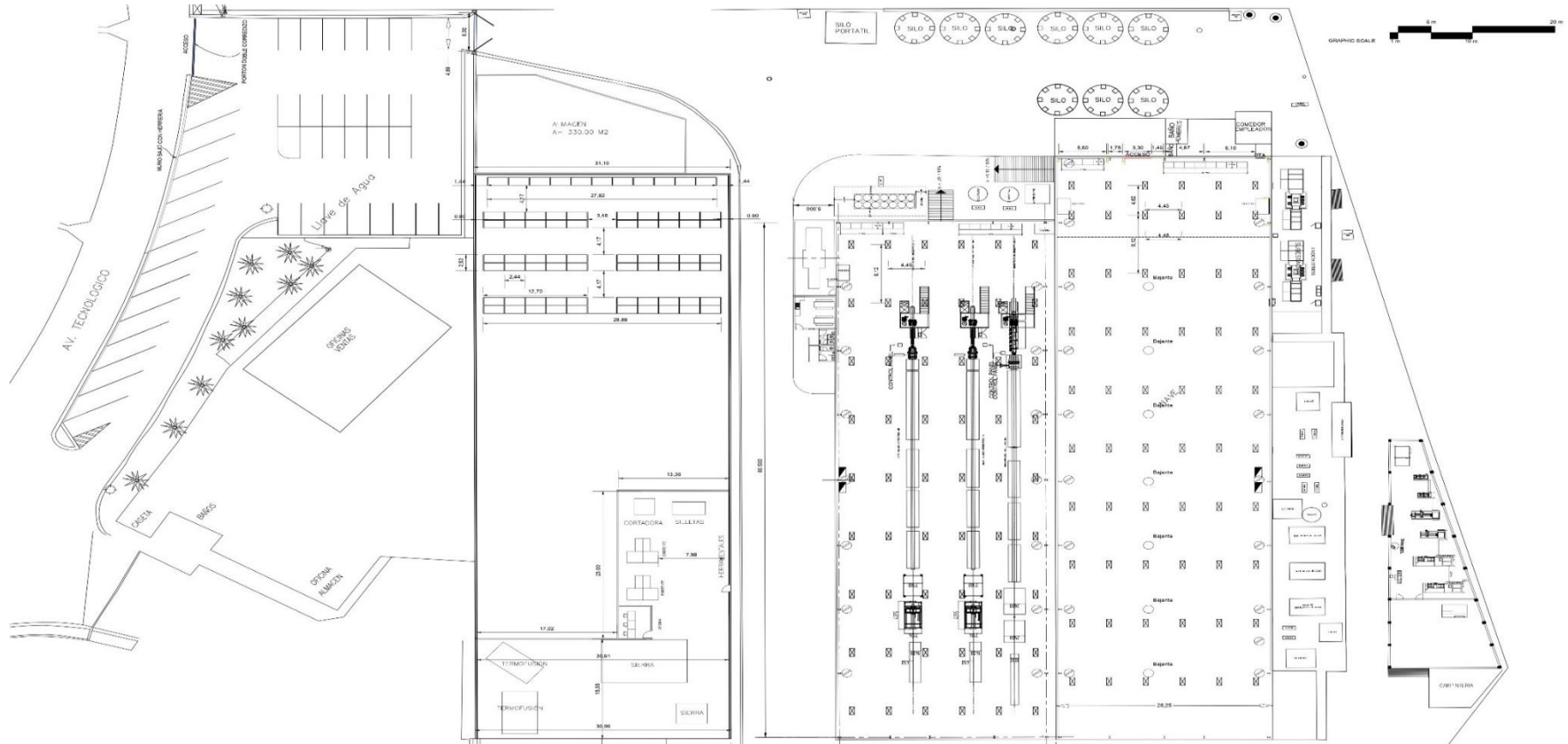
Anexo 2.- AMEF Compresor

Compresor KAESER		Fecha:	dic-21	AMEF DE PROCESO.													
		AMEF	Nº 1	Evaluación frecuente.							Evaluación de mejora.						
Parte a analizar	Descripción	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causa potencial de la falla	Ocurrencia	Controles actuales de prevención	Controles actuales de detección	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Responsable -fecha	Acción tomada	Severidad	Ocurrencia	Detección	NRP
Contactor	Dar la partida al compresor.	Falla eléctrica.	Compresor no opera.	10	Suministro de energía, sistema eléctrico.	5	Realización De Mantenimiento Preventivo De Acuerdo Al Plan De Mto.	Realización de inspección rutinaria, llenado de los check list.	10	500	Revisión completa del sistema eléctrico.	Supervisor. Aldair Blanco Mar/dic 21	Se tomo la acción recomendada	10	1	2	20
Motor eléctrico.	Impulsar tornillo y ventilador.	Falla de sobrecarga de motor.	Ruptura de correas de transmisión.	10	Suministró de energía, sistema eléctrico.	5	Realización de mantenimiento preventivo de acuerdo al plan de mto.	Realización de inspección rutinaria, llenado de los check list.	6	300	Reparación de motor, correas, eliminar sobrecargas.	Supervisor. Aldair blanco mar/dic 21	Se tomo la acción recomendada	10	2	2	40
Radiador de aceite.	Enfriar aceite proveniente del filtro separador.	Presencia de perforaciones.	Aumento de temperatura Aire-Aceite.	10	Corrosión.	6	Realización De Mantenimiento Preventivo De Acuerdo Al Plan De Mto.	Realización de inspección rutinaria, llenado de los check list.	5	300	Reparación o cambio del radiador, rellenar con aceite.	Supervisor. Aldair Blanco Mar/dic 21	Se tomo la acción recomendada	10	4	3	120
Tornillo	Comprimir aire que ingresa al motor.	Falta de lubricación, Fractura de tornillo.	Termostato detecta falla y apaga compresor.	10	Ruptura flexible, Consumo de aceite de material.	5	Realización De Mantenimiento Preventivo De Acuerdo Al Plan De Mto.	Realización de inspección rutinaria, llenado de los check list.	3	150	Cambio flexible, rellenar con aceite.	Supervisor. Aldair Blanco Mar/dic 21	Se tomo la acción recomendada	10	3	2	60
Filtro de aceite	Limpiar el aceite que se utiliza para lubricar el tornillo.	Excesos de impurezas.	Daño en el tornillo, Ruptura de flexibles.	10	Saturación, Cumplimiento de vida útil.	5	Realización De Mantenimiento Preventivo De Acuerdo Al Plan De Mto.	Realización de inspección rutinaria, llenado de los check list.	6	300	Cambio de filtro.	Supervisor. Aldair Blanco Mar/dic 21	Se tomo la acción recomendada	10	5	1	50



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Anexo 3.- Layout de FIMEX





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrón, E. C. (2010). *INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL*. Obtenido de INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL:
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/6075/1/I2.1152.pdf>
- CHÁVEZ, J. R. (2012). *ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO*. Obtenido de ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO:
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/5974/T-ESPE-034434.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Emaint. (24 de Agosto de 2021). *Emaint*. Obtenido de Emaint:
<https://www.emaint.com/es/what-is-a-cmms/predictive-maintenance/>
- Garrido, S. G. (2009). *RENOVETEC*. Obtenido de RENOVETEC:
<http://www.renovetec.com/mantenimientoindustrial-vol4-correctivo.pdf>
- González, G. C. (2011). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA TULA-TEPEJI*. Obtenido de UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA TULA-TEPEJI:
<https://www.uttt.edu.mx/catalogouniversitario/imagenes/galeria/71a.pdf>
- Iribarren, L. S. (15 de Septiembre de 2010). *ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS*. Obtenido de ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS:
<http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/2049/577191.pdf>
- Nieto, E. C. (2008). *FACULTAD DE INGENIERIA*. Obtenido de FACULTAD DE INGENIERIA:
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/273470/EChang.pdf>
f:jsessi
- Norte, P. I. (03 de NOVIEMBRE de 2021). *SEGUAS*. Obtenido de SEGUAS:
<https://www.seguas.com/la-importancia-del-mantenimiento-en-instalaciones-industriales/>



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

- Pérez, A. F. (2009). *INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL*. Obtenido de INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL:
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/3748/1/I2.1109.pdf>
- Pulido, H. G. (2013). *Control estadístico de la calidad y seis sigma*. México: McGraw-Hill. Obtenido de Control estadístico de la calidad.
- Torres, J. V. (2010). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA*. Obtenido de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/831/12/UPS-CT001680.pdf>
- USCÁTEGUI, P. (2014). *UNIVERSIDAD INDUSTRIAL*. Obtenido de UNIVERSIDAD INDUSTRIAL: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2014/152309.pdf>
- Vera, H. C. (2009). *FACULTAD DE INGENIERIA*. Obtenido de FACULTAD DE INGENIERIA: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0579_M.pdf
- Vidal, F. (18 de MAYO de 2021). *STEL ORDER*. Obtenido de STEL ORDER:
<https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/>