Propuesta de Plan de Mantenimiento Preventivo para la Línea de Extrusión-Soplado en la Empresa Polimérica SAS.

Herberth Gómez Correa, Edwin Herrera Bazurto y Ángela López Flórez

Dirección de posgrados, Universidad ECCI

Especialización en Gerencia de mantenimiento

Miguel Angel Urián Tinoco

Bogotá, noviembre de 2021

Dedicatoria

A Dios por darnos la vida y permitirnos crecimiento en nuestra academia, a todos nuestros familiares y amigos que nos han acompañado en todo el proceso de formación, dándonos palabras de aliento y motivación en altibajos dentro del desarrollo de nuestro trabajo de grado.

Herberth Gómez Correa, Edwin Herrera Bazurto y Ángela López Flórez

Agradecimientos

Agradecemos a los docentes de la universidad ECCI quienes contribuyeron para el desarrollo del trabajo de grado dentro del proceso de la especialización de gerencia de mantenimiento, un especial agradecimiento a la empresa POLIMERICA SAS quien nos permitió acceder a su información dentro de la línea de extrusión y soplado para poder realizar el trabajo de grado , A nuestro asesor de trabajo de grado ING MIGUEL ANGEL URIAN TINOCO quien aportó con sus conocimientos y experiencia para lograr el desarrollo del trabajo de grado.

Introducción

La presente investigación se desarrolla como opción de grado para la especialización en gerencia de mantenimiento, se aplica a una empresa del sector de manufactura de plásticos, lo anterior a partir de la premisa generada en los programas de posgrado de la Universidad ECCI en cuanto a aplicar los conocimientos adquiridos en los procesos de formación para generar afectaciones positivas que impulsen la sostenibilidad y el crecimiento de las organizaciones a nivel local y nacional. Se propone entonces el plan de mantenimiento para la línea de extrusión y soplado de la empresa POLIMERICA SAS, una empresa familiar que desde sus inicios se ha caracterizado por buscar la mejora continua dentro de sus procesos de producción con principios como: innovación, cuidado y preservación del medio ambiente, reutilización de los materiales plásticos, cuidado y ahorro de la energía entre otros. Dentro de su línea cuenta con tres equipos: compresor de baja marca KAESER -AS30, máquina de soplado convencional - CHIAMING CM - 65 DV y equipo de refrigeración TRÁFICO-SCROLL de 7,5; debido a la carencia de un mantenimiento óptimo se han generado pérdidas de producción e incumplimiento a los clientes de la compañía. Dentro del desarrollo de la investigación se propone el plan de mantenimiento para los equipos de la línea, con la implementación se busca evitar paros innecesarios, pérdidas económicas e insatisfacción de los clientes.

Tabla de contenido

1 Título de la Investigación 12

2 Problema de investigación 12

2.1 Descripción del problema 12

2.2 Planteamiento del problema 14

2.3 Sistematización del problema 14

3 Objetivos de la investigación 14

3.1 Objetivo general 14

3.2 Objetivos específicos 14

4 Justificación y delimitación 15

4.1 Justificación 15

4.2 Delimitación 16

4.3 Limitaciones 16

5 Marco referencial 17

5.1 Estado del arte. 17

5.1.1 Estado del arte nacional 17

5.1.2 Estado del arte internacional 21

5.2 Marco teórico 25

5.2.1 Mantenimiento. 25

5.2.2 Mantenimiento Preventivo 26

5.2.3 Gestión de mantenimiento. 28

5.2.4 Proceso de moldeo por soplado 31

5.2.5 Plan de mantenimientos 36

5.3 Marco normativo legal 38

6 Marco Metodológico 39

6.1 Recolección de la información 39

6.1.1 Tipo de investigación 39

6.1.2 Fuentes de obtención de la Información 40

6.1.3 Herramientas para la investigación 41

6.1.4 Metodología de la investigación 41

6.1.5 Información recopilada 43

6.2 Análisis de la Información 49

6.3 Propuesta de solución 53

6.3.1 Fase 1. Definición de objetivos y estrategias. 54

6.3.2 Fase 2. Jerarquizar equipos. 55

6.3.3 Fase 3. Análisis de puntos débiles. 60

6.3.4 Fase 4. Diseño del plan de mantenimiento. 60

6.3.5 Fase 5. Programación del mantenimiento. 63

6.3.6 Fase 6. Evaluación y control de la ejecución del mantenimiento. 71

6.3.7 Fase 7. Análisis del ciclo de vida. 71

6.3.8 Fase 8. Implantación del proceso de mejora continua. 72

7 Impactos alcanzados y esperados 72

7.1 Impactos alcanzados 72

7.2 Impactos esperados 73

7.3 Discusión 74

8 Análisis financiero 74

8.1 Costo de implementación /Inversión 74

8.2 Utilidad Esperada 75

8.3 Retorno de la Inversión 75

9 Conclusiones y recomendaciones 76

9.1 Conclusiones 76

9.2 Recomendaciones 77

10 Bibliografía 78

Tabla de figuras

Figura 1. Categorías de mantenimientos..... 26

Figura 2. Diagrama de mantenimiento preventivo. 27

Figura 3. Modelo del proceso de gestión del mantenimiento (MGM). 30

Figura 4. Etapas del proceso de extrusión-soplado..... 33

Figura 5. Partes principales de una extrusora convencional. 34

Figura 6. Moldes utilizados en el proceso de extrusión-soplado. 35

Figura 7. Organigrama de mantenimiento. 45

Figura 8. Indicador del control de tiempos muertos del periodo 1/20-12/20 46

Figura 9. Indicador de la eficacia de mantenimiento periodo 1/20-12/20 47

Figura 10. Indicador del control de tiempos muertos del periodo 1/21-6/21 47

Figura 11. Indicador de la eficacia de mantenimiento periodo 1/21-6/21 48

Figura 12. Indicadores de mantenimientos. 51

Figura 13. Histórico de fallas..... 52

Figura 14. Modelo de Gestión de Mantenimiento (MGM). 54

Figura 15. Matriz de criticidad modelo CTR..... 58

Figura 16. Matriz de criticidad línea extrusión soplado 59

Tabla de tablas

Tabla 1. Marco normativo y legal. 38

Tabla 2. Tipos de investigación 39

Tabla 3. Histórico de fallas 49

Tabla 4. Frecuencia de fallas del modelo CRT 56

Tabla 5. Consecuencia de falla del modelo CRT 57

Tabla 6. Actividades de mantenimiento Máquina de extrusión-soplado CHIAMING CM-65DV 61

Tabla 7. Actividades de mantenimiento Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5. 62

Tabla 8. Actividades de mantenimiento del Compresor de baja KAESER –AS30. 62

Tabla 9. Formato de Plan de mantenimientos 64

Tabla 10. Formato de plan de mantenimiento Máquina de extrusión-soplado. 65

Tabla 11. Formato de mantenimiento Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5 67

Tabla 12. Formato de mantenimiento Compresor de baja KAESER –AS30. 69

Tabla 13. Costos de implementación 74

Resumen

POLIMERICA SAS desde sus inicios como empresa familiar y hoy día ocupando un gran lugar dentro de la industria de la fabricación de envases plásticos, establece como punto crítico dentro de su plan de desarrollo, la necesidad de reducir la pérdida de tiempo en el proceso de producción, identificando como prioridad la creación de un plan de mantenimiento preventivo para su línea de extrusión y soplado ya que este a la fecha no existe y esto está generando paros innecesarios y gastos inadecuados .

Mediante la recolección de información basada en la metodología de las 5M, analizando la información bajo la metodología de las 5W2H y desarrollando el plan de mantenimiento bajo el modelo de gestión de mantenimiento de 8 fases (MGM), se realiza la propuesta del plan de mantenimiento para la línea de extrusión y soplado de la empresa POLIMERICA SAS. Garantizando un proceso óptimo, eficaz y eficiente.

Palabras claves

Mantenimientos, Gestión, Disponibilidad, Confiabilidad, Criticidad.

Abstract

POLIMERICA SAS since its inception as a family business and today occupying a great place within the plastic container manufacturing industry, establishes as a critical point within its development plan, the need to reduce the loss of time in the production process, identifying as a priority the creation of a preventive maintenance plan for its extrusion and blowing line since it does not exist to date, and this is generating unnecessary stoppages and inappropriate expenses.

By collecting information based on the 5M methodology, analyzing the information under the 5W2H methodology and developing the maintenance plan under the 8-phase maintenance management model (MGM), the maintenance plan proposal is made. for the extrusion and blowing line of the company POLIMERICA SAS. Guaranteed an optimal, effective, and efficient process.

Keywords

Maintenance, Management, Availability, Reliability, Criticality.

1 Título de la Investigación

Propuesta de Plan de Mantenimiento Preventivo para la Línea de Extrusión-Soplado en la Empresa Polimérica SAS.

2 Problema de investigación

2.1 Descripción del problema

Polimérica SAS es una compañía familiar que fue concebida principalmente para solucionar una necesidad propia de la familia en el año 2001, la actividad económica inicial era la fabricación y comercialización de productos de aseo, y en busca de encontrar una solución con mayor rentabilidad económica surge la idea de fabricar sus propios envases plásticos.

Desde ese momento y evidenciando los buenos resultados obtenidos, deciden ofrecer el suministro de envases plásticos a otro tipo de industrias, teniendo así entre 2001 y 2004 un crecimiento financiero estable, es así como en 2005 se inclinan por dedicarse 100% a la fabricación de envases plásticos y cubrir las necesidades de diferentes mercados como el de alimentos y farmacéuticos.

La fábrica está programada para producción durante las 24 horas del día y tiene asignado personal de mantenimiento solo en horario diurno de lunes a sábado, es así, que las fallas que se presentan fuera de este horario deben ser atendidas por el personal de producción hasta donde su experticia lo permita y en caso de no lograr solución se hace necesario parar completamente; en el año 2020, en busca de optimizar recursos tanto humanos como económicos, así como mejorar la disponibilidad de la planta de producción, la empresa inicia el proceso de mejora en la gestión de mantenimiento de su planta de fabricación de envases.

La empresa tiene una política de mantenimiento correctivo y algunas actividades preventivas muy básicas, teniendo así entre el 20 de enero de 2020 y el 30 de junio del 2021 32 fallas, con 388.35 horas de parada de producción y aproximadamente $100.000.000 en pérdidas entre la no producción y los repuestos necesarios para reparar lo anterior sin contabilizar adicionales como las horas hombre necesarias para la reparación. Esto le generó a la compañía pérdidas en disponibilidad de los equipos (paros innecesarios), alteración en la vida útil de los equipos (depreciación) y gastos en mantenimiento que no son calculados por no conocer los tiempos de estos.

Dentro de las complicaciones que se han encontrado para poder desarrollar un plan de mantenimiento efectivo están los factores de tiempo, organización de la información y disponibilidad de las máquinas y de los equipos periféricos.

Polimérica SAS al igual que otras compañías de la industria han identificado la importancia que ha recobrado el área de mantenimiento para garantizar reducción de costos y mantener la calidad de los productos a procesar. Por esto se han tomado ciertas medidas desde el año 2020 en busca de tener la información requerida a la mano; anteriormente las fichas de los mantenimientos o impactos sobre la planta se llevaban en formatos físicos imposibilitando así la clasificación eficaz, desde el año 2020 se lleva un récord tanto físico como digital y se han hecho mantenimientos preventivos abarcando las actividades básicas que permite el tiempo después de terminada la cadena de producción de una referencia.

Es por todo lo anterior, que se requiere garantizar un plan de mantenimiento preventivo efectivo y organizado y así prevenir paradas no programadas a causa de fallas que pudieran ser evidenciadas durante el tiempo del mantenimiento preventivo.

2.2 Planteamiento del problema

Con base a lo anterior, se plantea la siguiente pregunta, con la cual se buscará dar solución a la problemática que se está presentando actualmente en la empresa.

¿Qué elementos teóricos, metodológicos y de buenas prácticas de calidad deben tenerse en cuenta en la formulación de un plan de mantenimiento preventivo para la línea de extrusión-soplado de la compañía polimérica SAS que lo lleve a incrementar la vida útil y la disponibilidad de los activos?

2.3 Sistematización del problema

- ¿Cómo se está realizando el proceso de mantenimiento actualmente en la línea de Extrusión-Soplado de Polimérica SAS?
- ¿Cuál es la metodología de mantenimiento más adecuada para implementar en la línea de extrusión-soplado de la empresa, teniendo en cuenta las características técnicas de los equipos?
- ¿De qué modo se puede estandarizar el proceso de mantenimiento preventivo para cada uno de los componentes de la línea bajo estudio?

3 Objetivos de la investigación

3.1 Objetivo general

Proponer un plan de mantenimiento preventivo para la línea de extrusión-soplado de la empresa Polimérica SAS.

3.2 Objetivos específicos

- Describir el proceso de mantenimiento que actualmente aplica Polimérica SAS en su proceso de Extrusión-Soplado.

- Seleccionar la metodología de mantenimiento que mejor se adapte al área de extrusión-soplado, partiendo de las características técnicas de los equipos de la compañía.
- Realizar el plan estratégico que permita estandarizar el proceso de mantenimiento preventivo en cada uno de los componentes de la línea de estudio.

4 Justificación y delimitación

4.1 Justificación

Con este trabajo de grado se busca generar las bases para implementar en la empresa un proceso de mantenimiento preventivo que permita anticipar las posibles fallas que pueda presentar la línea de producción, así como una eventual evaluación efectiva tanto del estado de cada una de las máquinas que componen la línea a impactar como una evaluación de la vida útil de las mismas y de sus componentes. Esto tendrá impacto directo en el récord de fallas o paradas no programadas y en sus costos.

El proceso tendrá beneficios como: ajuste de los tiempos de paradas programadas como también de los tiempos de producción de la máquina, así como la eventual compra de repuestos, además un análisis de obsolescencia de estas y poder presupuestar su actualización o cambio en caso de ser requerido.

Con la implementación de un plan de mantenimiento efectivo también se podrá dar seguimiento y control a las actividades del equipo de mantenimiento y así optimizar las horas hombre o establecer la necesidad de personal adicional para cubrir todas las actividades a su cargo tanto en la infraestructura de producción como en la de la compañía en general.

4.2 Delimitación

Esta investigación se desarrollará en la empresa POLIMERICA SAS en la sede de Bogotá ubicada en la localidad de Puente Aranda, durante los meses de marzo a diciembre de 2021el equipo de trabajo propone intervenir la línea de producción de Extrusión-Soplado en las máquinas:

a. Máquina de soplado convencional -CHIAMING CM -65DV.

b. Compresor de baja KAESER –AS30.

c. Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5

El plan de mantenimiento se estructurará basado en los manuales de operación de las máquinas que cuenten con ellos, así como en la experiencia técnica del personal a cargo del área de mantenimiento.

Este debe ser conciliado y estructurado una vez al año, pero debe ser ajustado mes a mes teniendo en cuenta los tiempos que se tengan en el área de producción, no obstante, debe ser consultado tanto con el coordinador de gerencia y el coordinador de producción ya que sólo si todas las partes se ponen de acuerdo se podrá cumplir lo proyectado.

4.3 Limitaciones

Para la elaboración del siguiente proyecto se cuenta con 8 meses ya que se desarrolla como trabajo de opción de grado en la especialización en Gerencia de Mantenimiento en la Universidad ECCI.

Se tiene acceso a la información de la empresa, así como a los datos sensibles sobre tiempos de paradas, costo de estas, pérdidas de producción y costos variables que se puedan presentar.

El proyecto no cuenta con financiación ni de la empresa sobre la cual se va a desarrollar la investigación, ni para la universidad que se desarrolla como opción de grado, todos los gastos inherentes al proceso de investigación y lineamientos del proyecto corren por cuenta de los investigadores de este.

5 Marco referencial

5.1 Estado del arte.

5.1.1 Estado del arte nacional

5.1.1.1 Plan de Mantenimiento Integral para las Extrusoras de Plástico en las Pequeñas y Medianas Empresas de Bogotá

En la investigación titulada “Plan de Mantenimiento Integral para las Extrusoras de Plástico en las Pequeñas y Medianas Empresas de Bogotá” desarrollada como opción de grado por el ingeniero Frey Yamith Cubides Alfonso en el año 2018 para la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, el autor toma como base los grandes retos de la industria con respecto a lo establecido en la Ley 697 de 2001 y la ISO-50001, normas que fomentan el uso racional y eficiente de la energía eléctrica, y con esto plantea como problema a resolver el alto consumo de energía eléctrica de las líneas de procesamiento de plásticos (Proceso de Extrusión) en las pymes de la ciudad de Bogotá y orienta la solución hacia una propuesta de eficiencia y control sobre los mantenimientos preventivos y correctivos que se pueden aplicar sobre estas líneas de producción (Cubides, 2018). Esta investigación contribuye al desarrollo de la nuestra, ya que además de proporcionarnos datos sobre los consumos y desperdicios de energía que se surten en el proceso

de extrusión, también nos orienta sobre un buen plan de mantenimiento que mitigue la pérdida de recursos económicos además de la optimización de estos.

5.1.1.2 Plan y Manual Integral de Mantenimiento Preventivo para una Máquina Extrusora

En el año 1995, los ingenieros Luis Norberto Bajaras López y Martha Lida Restrepo Montoya mediante su proyecto de grado titulado “Plan y Manual Integral de Mantenimiento Preventivo para una Maquina Extrusora” para la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, desarrollaron una investigación basada en el mejoramiento del desempeño de la máquinas involucradas en el proceso de elaboración de cables de energía para construcción y línea comercial en donde se involucra el proceso de extrusión e identifican como problema la disminución de la vida útil de la maquinaría debido a la falta de un plan de mantenimiento preventivo de las mismas (Bajaras & Restrepo, 1995). Este es un punto que contribuye a nuestra investigación ya que tenemos en común esa problemática, su propuesta nos da una guía sobre lo que podemos adoptar y adaptar para la línea de extrusión de la compañía.

5.1.1.3 Diseño de Plan de Mantenimiento Predictivo para la Línea de Producción Extrusión - Bolsas Plásticas en la Empresa Kalusin Importing Company (Kico S.A)

En el año 2011 para la Universidad Tecnológica De Bolívar, La Ingeniera María Mercedes Tapia Díaz, desarrolló como opción de grado la monografía titulada “Diseño de Plan de Mantenimiento Predictivo para la Línea de Producción Extrusión - Bolsas Plásticas en la Empresa Kalusin Importing Company (Kico S.A)” que fue basada en la necesidad del mejoramiento tanto en rendimiento, como en disponibilidad de los equipos que hacen parte de la línea de producción evaluada, esta investigación se orienta hacia un mantenimiento predictivo (Tapia, 2001). Aunque dista en concepto del planteado por nosotros (Mantenimiento Preventivo),

si comparte uno de nuestros fines, que es justamente abordar de forma acertada y óptima la caracterización de los equipos de una línea de producción que nos llevan no solo a conocer el "alma" de la línea, sino también la mejor forma para hacerla producir efectiva y eficientemente.

5.1.1.4 Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo-Predictivo Aplicado a los Equipos de la Empresa Remaplast

Los ingenieros Jorge Luis Valdés Atencio y Erick Armando San Martín Pacheco, titularon su opción de grado como "Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo-Predictivo Aplicado a los Equipos de la Empresa Remaplast" en el año 2009 para la Universidad de Cartagena. En esta, los investigadores plantean como situación a tratar la existencia únicamente de mantenimiento correctivo dentro de empresa estudiada, trayendo como consecuencia la pérdida de tiempo-dinero en paradas de producción además de deterioro de la maquinaría y por ende disminución de la vida útil de la misma, realizaron caracterización de los equipos y maquinarias con las que cuenta la empresa, así como documentación, levantamiento de procesos y procedimientos que le permitieran a la empresa mejorar su gestión de mantenimiento (Valdés & San Martín, 2009). Este trabajo contribuye a nuestra investigación ya que la empresa estudiada tiene similares problemáticas y nos permite comparar el enfoque y tratamiento dado, para así tener diferentes puntos de vista que alimentan nuestra solución.

5.1.1.5 Optimización del Plan de Mantenimiento Preventivo para Moldes de Inyección de Preforma en Iberplast S.A.S

En el año 2021 el ingeniero Carlos Andrés Jiménez Moreno realizó una investigación como proyecto para recibirse como profesional en Ingeniería Mecánica para La Universidad de las Américas ubicada en Bogotá que lleva como título "Optimización del Plan de Mantenimiento Preventivo para Moldes de Inyección de Preforma en Iberplast S.A.S." (Jiménez, 2021). Este

trabajo fue consultado por nosotros debido a que uno de los componentes en el proceso de fabricación de productos de esta compañía es una máquina de “extrusoplado” y es justo el proceso sobre el cual basaremos nuestra propuesta, de esta forma además de conocer el uso que dan otras compañías al mismo proceso de fabricación de plásticos también nos permite analizar los hallazgos encontrados por él y cómo aborda la optimización sobre el mismo.

5.1.1.6 Plan de Mantenimiento Preventivo Aplicado a la Empresa Industrias plásticas del Norte LTDA

En 2006 se realizó como opción de grado la monografía titulada “Plan de Mantenimiento Preventivo Aplicado a la Empresa Industrias plásticas del Norte LTDA” por parte del Ingeniero Stiven Martínez Olmos para la Universidad Tecnológica de Bolívar en la ciudad de Cartagena, en ella se plantea como problema las fallas reiterativas de las máquinas involucradas en los procesos de fabricación de productos plásticos e indica como solución el establecer un plan de mantenimiento efectivo y oportuno que permita mitigar las pérdidas producidas por fallas así como la optimización en productividad tanto de las máquinas como del capital humano que interviene el proceso (Martínez, 2006). Gracias a la caracterización realizada por el autor, nos fue posible identificar como punto adicional para nuestra investigación la necesidad de revisar la frecuencia óptima para realización de los mantenimientos, así como la clasificación de criticidad del proceso de estudio.

5.1.1.7 Plan de Mantenimiento Preventivo a la Empresa New Polimer Ltda.

Para la Universidad Tecnológica de Bolívar en la ciudad de Cartagena, en el año 2006, los ingenieros Jaime Niño Valiente y Fabian De Jesús Orozco Martínez desarrollaron como opción de grado la monografía “Plan de Mantenimiento Preventivo a la Empresa New Polimer Ltda”, en donde establecen como falla la no existencia de un plan de Mantenimiento preventivo

para las máquinas que intervienen el proceso de manufactura de plásticos pero además de eso y lo que nos llamó la atención como insumo para nuestra investigación es la puntualización sobre la ausencia de documentación de los controles y fallas reiteradas presentadas en su cadena de producción y la implementación del plan de mantenimiento a través del análisis PHVA como estrategia de documentación y organización de procesos (Valiente & Orozco, 2006).

5.1.2 Estado del arte internacional

5.1.2.1 Sistema de Mantenimiento para la Línea de Extrusión de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) en Holplast

En el trabajo de diploma realizado por la ingeniera Yurima Hernández Paneque en 2016 para la Universidad de Holguín en Cuba titulado “Sistema de Mantenimiento para la Línea de Extrusión de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) en Holplast” se aborda la fase de mantenimiento de la línea de extrusión en la producción de tubos de la empresa base de estudio desde el análisis de modos de fallos y efectos (AMFE) de tal manera que logran identificar fallos significativos, las causas y las consecuencias de los mismos y así escoger la opción de sistema de mantenimiento que mejor se adapta a las necesidades particulares de la compañía, (Hernández 2016). Esto permite como investigadores realizar un comparativo estructurada sobre los hallazgos de la investigación y determinar si estas conclusiones pueden ser funcionales para la solución de la problemática planteada.

5.1.2.2 Diseño de un Programa de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria y Mejora del Sistema de Extracción de Vapores Inflamables en la Empresa Transproductos, S.A

En 2010, el Ingeniero Julio Cesar Coy Catú realiza como proyecto de grado una tesis con nombre "Diseño de un Programa de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria y Mejora del Sistema de Extracción de Vapores Inflamables en la Empresa Transproductos, S.A" para la Universidad de San Carlos de Guatemala, esta investigación está orientada hacia toda la línea de producción de la compañía, además de un enfoque adicional hacia el impacto al medio ambiente y a la salud del equipo humano que conforma la planta de producción (Coy, 2010). Este último enfoque nos brinda la posibilidad de dar una mirada dentro de nuestro planteamiento hacia ese punto y tenerlo en cuenta para el momento en el que desarrollemos nuestro plan de mantenimiento.

5.1.2.3 Gestión de Mantenimiento Preventivo Empleando Ultrasonido Para Cañón y Husillo de Empuje de Máquina Extrusora De Polímeros, Según ISO 17359

Para la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el año 2019, el ingeniero Jaime Rodolfo Chocoy Cachín, desarrolló una investigación titulada, "Gestión de Mantenimiento Preventivo Empleando Ultrasonido Para Cañón y Husillo de Empuje de Máquina Extrusora De Polímeros, Según ISO17359", esta investigación está basada en la normatividad existente sobre los lineamientos de la técnica VOSO (ver, oír, sentir y oler) que permite conocer de primera mano las condiciones anómalas de la maquinaría (Chocoy, 2019). Este enfoque nos ayuda a orientar nuestra investigación sobre la mejor técnica para obtener, desde los operarios, los hallazgos, fallas y mejores condiciones que permitan establecer el plan de mantenimiento para nuestra línea de estudio.

5.1.2.4 Estudio de la Planificación de la Calidad del Proceso de Soplado en una Empresa de Envases Plásticos

En el año 2007 la ingeniera Ruarmy Magdalena Rodríguez Boada para la Universidad Católica Andrés Bello en su trabajo de grado titulado "Estudio de la Planificación de la Calidad del Proceso de Soplado en una Empresa de Envases Plásticos" expone desde el punto de vista de la calidad de procesos la mejora y el cumplimiento de la normatividad existente al respecto, en la compañía estudiada (Rodríguez, 2007). De esta forma nos permite visualizar desde el punto de vista de los sistemas de gestión de calidad la orientación que nosotros como ingenieros investigadores debemos examinar en nuestra propuesta.

5.1.2.5 Elaborar un plan de Mantenimiento Preventivo en el Área de Producción de la Empresa Plásticos Internacionales Plasinca C.A

Para la Universidad de Guayaquil – Ecuador, en el año 2018, el Ingeniero Industrial Jonathan Francisco Garay Cevallos, desarrollo como opción de grado el trabajo titulado "Análisis para Elaborar un plan de Mantenimiento Preventivo en el Área de Producción de la Empresa Plásticos Internacionales Plasinca C.A", la problemática estudiada está orientada hacia los altos costos derivados de los mantenimientos correctivos (Garay, 2018). Este es uno de los puntos que buscamos impactar con nuestra investigación y así obtener un mejoramiento en tiempos de productividad y calidad del producto obtenido, así como una optimización en el recurso económico y humano que intervienen en el proceso.

5.1.2.6 Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para el Mejor Funcionamiento de las Líneas de Extrusión de la Empresa T&T Ingeniería y Construcción S.A.

El trabajo de suficiencia profesional presentado por el ingeniero Harbey Olivera López para la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur titulado "Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para el Mejor Funcionamiento de las Líneas de Extrusión de la Empresa T&T Ingeniería y Construcción S.A." aborda la problemática de la inexistencia de un plan de mantenimiento preventivo efectivo a través del desconocimiento de fallas reiterativas y falta de análisis sobre las situaciones presentadas (López, 2017). Esto nos permite reforzar la necesidad de implementación de controles de tiempos de producción, y de paradas programadas dentro de la línea estudiada, con fin de obtener información y conocimiento sobre el comportamiento de la línea de producción estudiada.

5.1.2.7 Diseño e implementación del sistema de control para el arranque de tres compresores de tornillo, de la red de aire comprimido de la empresa INPLASTICO, en la ciudad de Latacunga.

Para la Universidad de Fuerzas Armadas de Guayaquil - Ecuador, en el año 2020, el ingeniero Freddy William Salazar Paredes, desarrolló una investigación llamada "Diseño e implementación del sistema de control para el arranque de tres compresores de tornillo, de la red de aire comprimido de la empresa INPLASTICO, en la ciudad de Latacunga", basada en la implementación de un sistema de control sobre la línea de extrusión y soplado de la empresa estudiada, mostrándonos las posibles problemáticas que se pueden presentar en esta industria así como la forma de abordarlas para el cumplimiento del objetivo (Salazar, 2020). Aunque no apunta directo al desarrollo de nuestra investigación si aporta sobre este hecho que es uno los

enfoque que tenemos y es la posibilidad de implementar controles y contadores sobre la línea de extrusión-soplado de la empresa que estamos estudiando en esta oportunidad.

5.1.2.8 Mejoramiento de la Productividad Implementando Plan de Mantenimiento Preventivo en Plástico Josa

El Ingeniero Xavier Alfonso Quimis Conforme entre los años 2003 y 2004 desarrolló la investigación titulada "Mejoramiento de la Productividad Implementando Plan de Mantenimiento Preventivo en Plástico Josa" para la universidad de Guayaquil en Ecuador en donde abordó como primera fase de su investigación la caracterización de la situación de la compañía desde diagrama de operación del proceso, diagrama de distribución de planta, diagrama del recorrido del producto, diagrama de análisis del proceso, flujograma del proceso de producción, diagrama causa – efecto y el diagrama de Pareto (Quimis, 2003). De esta manera nos orienta a nosotros como desarrolladores de esta investigación hacia la consecución de estas mismas herramientas de diagnóstico y la mejor forma de manejo de estas para detallar y limitar el campo de acción que tendrá nuestra propuesta de plan de mantenimiento preventivo.

5.2 Marco teórico

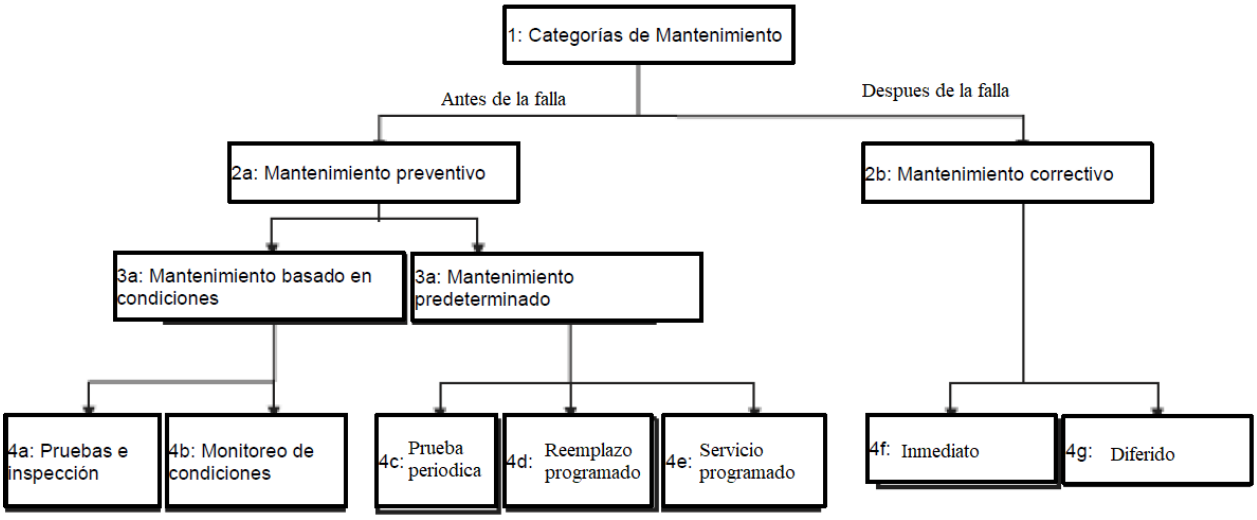
5.2.1 Mantenimiento.

El mantenimiento se puede definir como el conjunto de normas y técnicas que una organización establecen, con el objetivo de conservar en el mejor estado de funcionamiento sus equipos. Otra definición de mantenimiento es la que establece la guía técnica colombiana (GTC-62): "*Mantenimiento: conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar, o restituir un elemento a las condiciones que le permitan desarrollar su función. Equivale al término conservación."* (ICONTEC, 1999). Así como también está definido por la

norma ISO 14224:2016: *"Combinación de todas las acciones técnicas y de gestión que tienen la intención de retener un ítem, restaurarlo a un estado en que pueda realizar lo requerido."* (CEN, 2016).

En la siguiente figura, se muestran las categorías de mantenimientos.

Figura 1.
Categorías de mantenimientos.



Nota: *Se muestra el diagrama de las categorías de mantenimientos que están definidas en la norma ISO 14224:2016 pagina 50.* ***Fuente:*** *(CEN, 2016)*

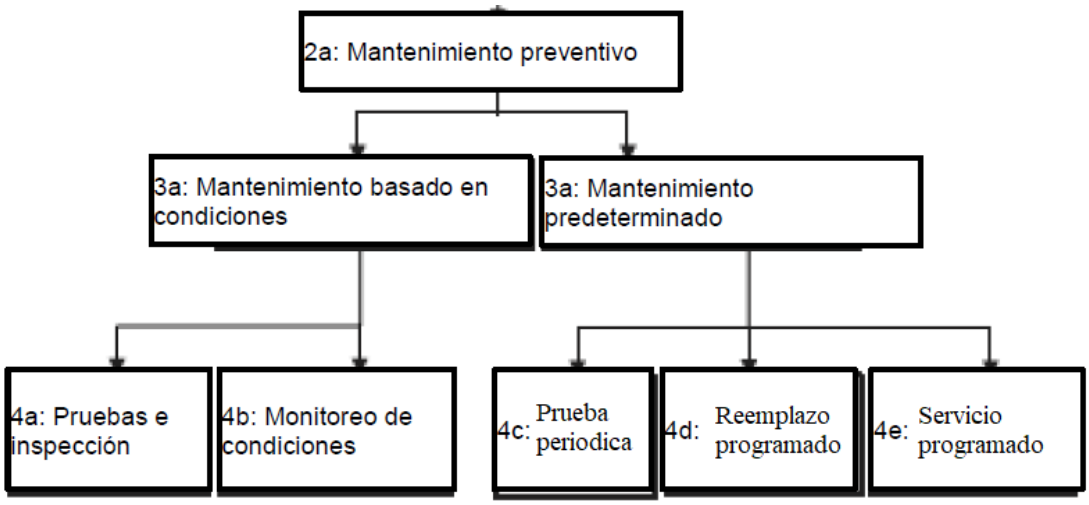
5.2.2 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo se define según la norma ISO 14224:2016 como: *"Mantenimiento llevado a cabo para mitigar la degradación y reducir la probabilidad de falla."* (CEN, 2016), este tiene como finalidad; encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas. El mantenimiento preventivo puede ser definido como una lista completa de actividades, todas ellas realizadas por; usuarios, operadores, y mantenimiento. Para asegurar el correcto funcionamiento de la planta, edificios. Máquinas, equipos, vehículos, etc. (Mantenimiento Planificado, 2021).

Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y subsistemas e inclusive partes. Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de subensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos. Es importante trazar la estructura del diseño incluyendo en ello las componentes de Conservación, Confiabilidad, Mantenibilidad, y un plan que fortalezca la capacidad de gestión de cada uno de los diversos estratos organizativos y empleados sin importar su localización geográfica, ubicando las responsabilidades para asegurar el cumplimiento (Mantenimiento Planificado, 2021).

En la figura 2, se meustara como la norma ISO 14224:2016, establece los componectes que hacen parte del manteniemiento prevntivo.

Figura 2.
Diagrama de mantenimiento preventivo.



Nota: *Se muestra el diagrama de mantenimiento preventivo que están definidas en la norma ISO 14224:2016 pagina 50.* ***Fuente:*** *(CEN, 2016)*

5.2.3 Gestión de mantenimiento.

La gestión integral de mantenimiento se basa en intervenir en todos aquellos tópicos de importancia para el buen desempeño y avance de la compañía y que, de una u otra manera, se relacionan con el mantenimiento de las instalaciones. Se trata, por tanto, de gestionar de manera activa basándose en los objetivos de la empresa y no solo en los objetivos tradicionales de mantenimiento disponibilidad y costes, admitiendo una postura pasiva. (Navarro, Pastor, & Mugaburu, 1997).

Un punto primordial a la hora de buscar una gestión integral de mantenimiento es la comunicación e interacción con todos los departamentos con qué mantenimiento se ve directa o indirectamente involucrado. por ejemplo: Ingeniería o Montajes, compras, Contabilidad, etc. generando grupos interdisciplinares o de apoyo que desdibujen los límites de las funciones de cada área, y se unan en conjunto para el beneficio general de la empresa, Mantenimiento no debe limitarse solo a la reparación de los equipos o sistemas. (Navarro, Pastor, & Mugaburu, 1997)

Así como también, se tiene que la gestión moderna de mantenimiento incluye todas aquellas actividades de gestión que: determinan los objetivos o prioridades de mantenimiento (que se definen como las metas asignadas y aceptadas por la dirección del departamento de mantenimiento), las estrategias (definidas como los métodos de gestión que se utilizan para conseguir esas metas u objetivos), y las responsabilidades en la gestión. Lo anterior permitirá luego, en el día a día, implementar estas estrategias planificando, programando y controlando la ejecución del mantenimiento para su realización y mejora, teniendo siempre en cuenta aquellos aspectos económicos relevantes para la organización (Parra & Crespo , 2015).

5.2.3.1 Proceso de Gestión de Mantenimiento.

El proceso de gestión de mantenimiento se puede dividir en dos partes principales:

i. La definición de la estrategia de mantenimiento;

ii. La implementación de la estrategia de mantenimiento.

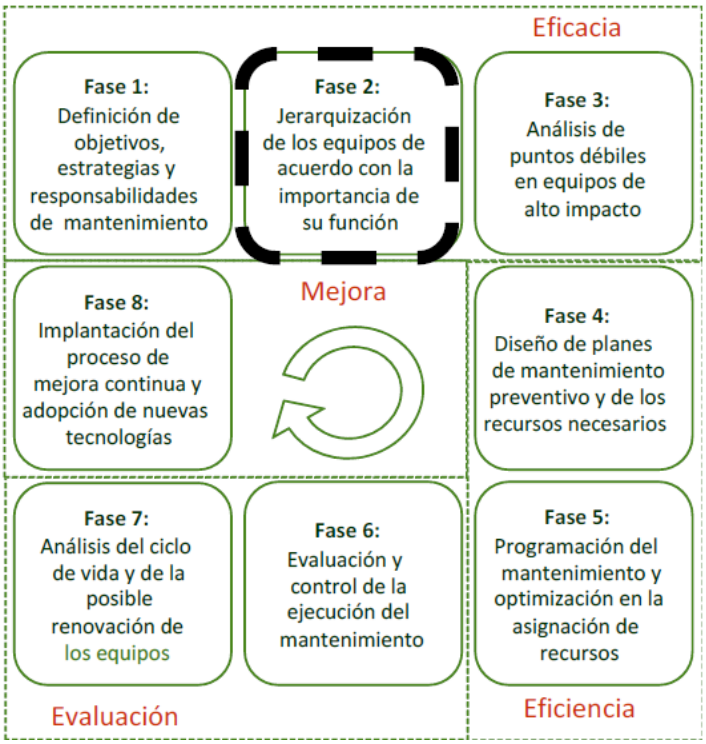
La primera de estas partes, el proceso de definición de la estrategia de mantenimiento requiere la definición de los objetivos de mantenimiento como “input” del mismo. Obviamente, los objetivos de mantenimiento dimanan directamente del plan de negocio de la organización en cuestión. Diseñar estrategias de mantenimiento que estén alineadas con los planes de negocio es un aspecto clave y condiciona la consecución de los objetivos del mantenimiento y en última estancia los reseñados en el plan de negocio de la organización.

La segunda parte del proceso, la implementación de la estrategia tiene un distinto nivel de importancia y tienen que ver con nuestra habilidad para asegurar niveles adecuados de formación del personal, de preparación de los trabajos, con la selección de las herramientas adecuadas para realizar las diferentes tareas o, por ejemplo, con el diseño y consecución de la ejecución a tiempo de los diferentes programas de mantenimiento (Parra & Crespo , 2015).

5.2.3.2 Modelo de gestión del mantenimiento (MGM).

Acontinuacion, se muestra el modelo generico de gestion de manteniemiento (MGM) propuestos por (Crespo, 2007), en el cual integra todos esos modelos que se empleaban hasta la fecha, con la finalidad de mejorar y estandarizar la gestion de los departamentos de manteniemintos y asi facilitar su implementacion y control.

Figura 3.
Modelo del proceso de gestión del mantenimiento (MGM).



Nota: *Se muestra el diagrama de la metodología (MGM), en él se establecen los ochos pasos para la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento.* ***Fuente:*** *(Crespo, 2007).*

El modelo de gestión del mantenimiento (MGM) propuesto está compuesto por ocho bloques figura 3, que distinguen y caracterizan acciones concretas a seguir en los diferentes pasos del proceso de gestión de mantenimiento. Es un modelo dinámico, secuencial y en bucle cerrado que intenta caracterizar de forma precisa el curso de acciones a llevar a cabo en este proceso de gestión para asegurar la eficiencia, eficacia y mejora continua del mismo (Parra & Crespo , 2015).

Tal y como se indica en la figura de referencia del MGM, los primeros tres bloques condicionan la eficacia de la gestión, los siguientes bloques aseguran la eficiencia de esta y su mejora continua de la siguiente forma: Los bloques 4 y 5 incluyen acciones para la planificación y programación del mantenimiento, incluyendo por supuesto la planificación de la capacidad del

departamento de mantenimiento. Los bloques 6 y 7 están dedicados a la evaluación y control del mantenimiento y del coste de los activos a lo largo de su ciclo de vida. Finalmente, el bloque 8 se centra en acciones para asegurar la mejora continua de la gestión (Parra & Crespo , 2015).

5.2.4 Proceso de moldeo por soplado

El moldeo por soplado es un proceso en el que se utiliza la presión del aire para expandir el plástico en la cavidad de un molde. Este proceso se utiliza en la fabricación de piezas plásticas huecas con paredes delgadas y de una sola pieza, tales como botellas y recipientes. El proceso se lleva a cabo en dos pasos: primero, se fabrica un tubo a partir de plástico fundido, denominado preforma, y segundo, se inyecta aire a presión en el tubo para conseguir la forma deseada (Gestión de Compras, 2021).

Distintas formas de Moldeo por Soplado:

- **Extrusión-Soplado:** El plástico se funde y se extruye en un tubo (preforma) el cual se cierra por la parte inferior de forma hermética por el molde. El aire se inyecta a la preforma y adquiere la forma deseada, se deja enfriar y se expulsa la pieza.
- **Inyección-Soplado:** Se combina el moldeo por inyección y moldeo por soplado. El plástico fundido es moldeado por inyección alrededor de un núcleo consiguiendo una preforma y se introduce en el molde, después se inyecta aire para expandir el material y conseguir la forma final de la pieza, se enfría y se expulsa.
- **Coextrusión-Soplado:** Es indicado para la producción de piezas multicapa. Es un proceso de dos etapas parecido al moldeo por Inyección-Soplado. El proceso comienza con la inyección (o proceso similar) de una preforma. La preforma se calienta con calentadores infrarrojos y se inyecta aire a alta presión mientras que la preforma se estira

usando una varilla. La preforma se expande adoptando la forma de la pieza deseada (Gestión de Compras, 2021).

5.2.4.1 Proceso de extrusión-Soplado

Como se dijo anteriormente, este proceso consiste en fundir y extruir el material plástico que se encuentra en forma de pellets en un tubo (preforma) el cual se cierra por la parte inferior de forma hermética por el molde. El aire se inyecta a la preforma y adquiere la forma deseada, se deja enfriar y se expulsa la pieza.

Este proceso se comenzó a utilizaren la segunda guerra mundial. El poliestireno (PS) fue el primer material que se usó en el desarrollo de las primeras máquinas de soplado, y el polietileno de baja densidad (LDPE), el que se empleó en la primera aplicación comercial de gran volumen (un bote de desodorante). La introducción del polietileno de alta densidad (HDPE) y la disponibilidad comercial de las máquinas de soplado, condujo en los años 60 a un gran crecimiento industrial. Hoy en día es el tercer método más empleado en el procesado de plásticos. Durante muchos años se empleó casi exclusivamente para la producción de botellas y botes, sin embargo, los últimos desarrollos en el proceso permiten la producción de piezas de geometría relativamente compleja e irregular, espesor de pared variable, dobles capas, materiales con alta resistencia química, etc., y todo ello a un costo razonable (Tecnología de los Plásticos , 2021).

Las etapas del proceso de extrusión-soplado comprenden:

1.- Fusión del material plástico

2.- Obtención del precursor o párison

3.- Introducción del precursor hueco en el molde de soplado

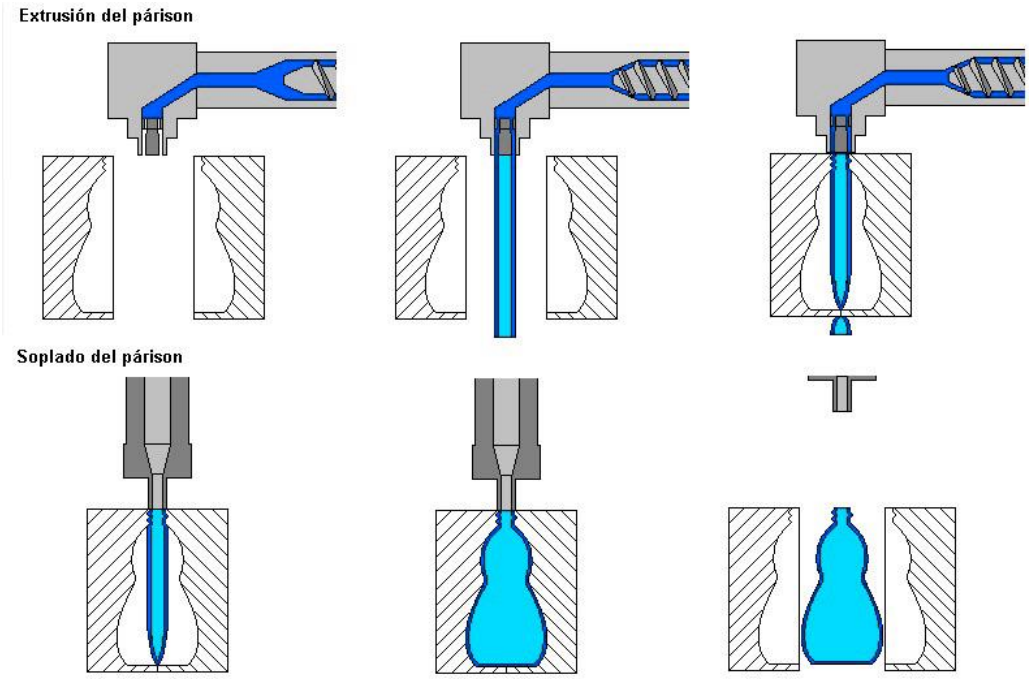
4.- Insuflado de aire dentro del precursor que se encuentra en el molde

5.- Enfriado de la pieza moldeada

6.- Desmolde de la pieza

En la siguiente figura se muestra como las diferentes etapas del proceso de extrusión-soplado de un envase plástico.

Figura 4.
Etapas del proceso de extrusión-soplado



Nota: *Se presenta las etapas del proceso de extrusión-soplado de un envase plástico.* ***Fuente:*** *(Tecnología de los Plásticos , 2021)*

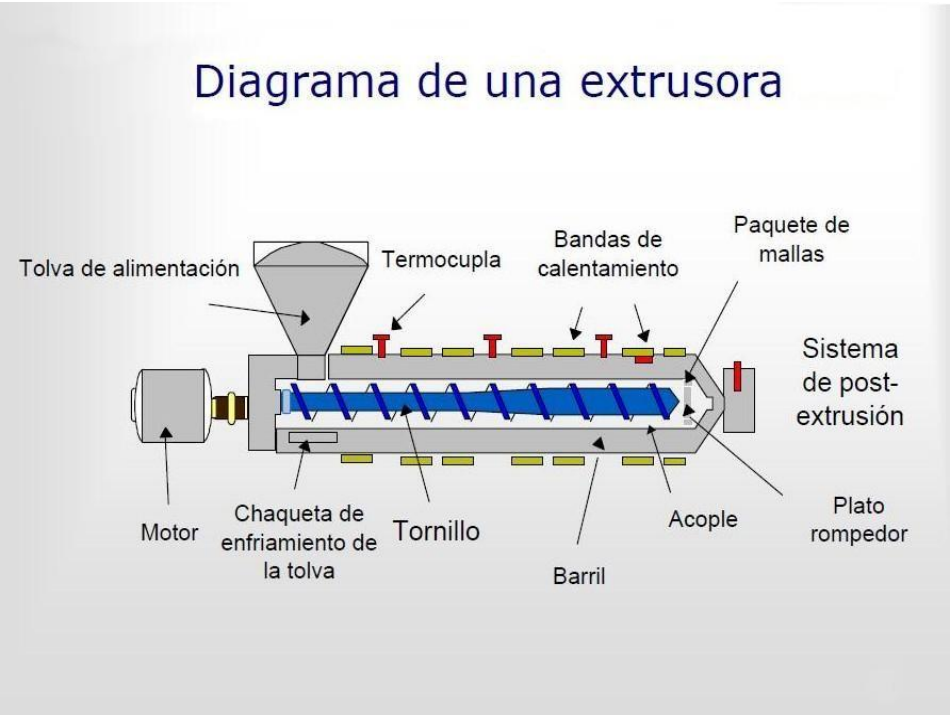
5.2.4.1.1 Equipos de extrusión soplado

Los equipos de extrusión-soplado constan de una extrusora con un sistema plastificador (cilindro-tomillo) que permite obtener un fundido uniforme a la velocidad adecuada. El sistema plastificador es común a todos los equipos de extrusión.

Requiere además de un cabezal que proporcione un precursor (o párison) de forma tubular, con la sección transversal deseada. El equipo además consta de una unidad de soplado y un molde de soplado (Tecnología de los Plásticos , 2021).

En la figura siguiente, se describen las partes principales que conforman el sistema de extrusión de una maquina convencional productora de envases plásticos.

Figura 5.
Partes principales de una extrusora convencional.



Nota: *Se presenta el diagrama de una extrusora convencional.* ***Fuente:*** *(Tecnología de los Plásticos , 2021)*

5.2.4.1.1.1 Molde de soplado

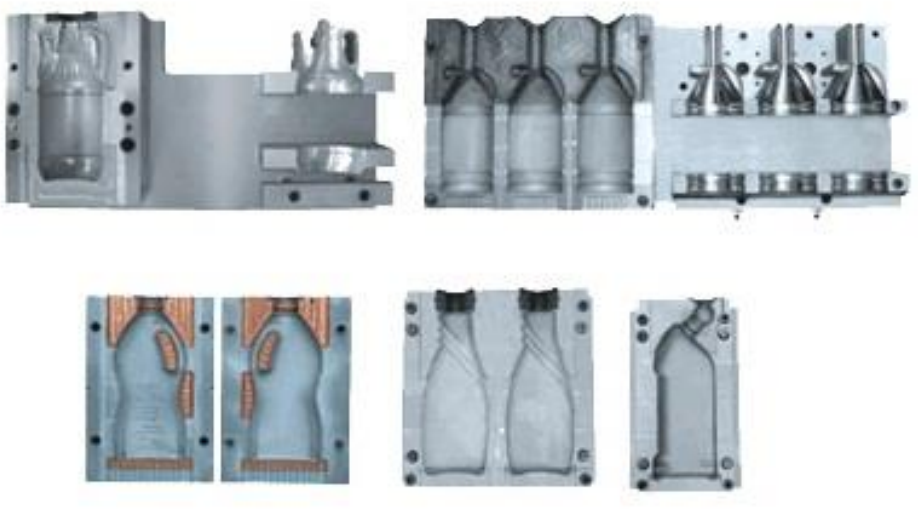
Puesto que los moldes en soplado no tienen que soportar elevadas presiones la cantidad de materiales disponibles para su construcción es grande. Para piezas pequeñas se emplean moldes de aluminio, acero, aleaciones de cobre-berilio. Los moldes de aluminio presentan muy buena conductividad térmica, son fáciles de fabricar y, pero su durabilidad no es muy elevada.

En comparación los moldes de acero son más duraderos y rígidos, y los de Cu/Be son los que presentan mejor conductividad térmica. Los moldes de aluminio son los más empleados pues son los que presenten el mejor equilibrio entre conductividad térmica, duración y costo.

La mayoría de los moldes empleados en soplado no son capaces de proporcionar capacidad tan elevada de enfriamiento como los moldes empleados en inyección, lo que pasa por un diseño adecuado de los canales de refrigeración del molde. En soplado, al igual que ocurría en moldeo rotacional, la pieza se enfría solo por la superficie externa, aparte de la pequeña contribución al enfriamiento que realiza el aire de soplado, de modo que el enfriamiento es bastante deficiente si se compara con el proceso de inyección (Tecnología de los Plásticos , 2021).

A continuación, se muestran algunos moldes que se utilizan en el proceso de extrusión-soplado de plásticos.

Figura 6.
Moldes utilizados en el proceso de extrusión-soplado.



Nota: *Se presenta diferentes moldes que son utilizados para fabricar envases plásticos por el proceso de extrusión-soplado.* ***Fuente:*** *(Tecnología de los Plásticos , 2021)*

5.2.5 Plan de mantenimientos

Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas preventivas a realizar en una instalación con el fin de cumplir unos objetivos de disponibilidad, de fiabilidad, de coste y con el objetivo final de aumentar al máximo posible la vida útil de la instalación. (García, 2021). La norma ISO 142224 define a un plan de mantenimiento como: "*una serie de tareas estructuradas y documentadas que incluye las actividades, procedimientos, recursos y la escala de tiempo requerida para llevar a cabo el mantenimiento."* (CEN, 2016)

Existen al menos tres formas de elaborar un plan de mantenimiento preventivo, es decir, de determinar el conjunto de tareas preventivas a llevar a cabo en la instalación: basarse en las recomendaciones de los fabricantes, basarse en protocolos genéricos o basarse en un análisis de fallos potenciales. Junto a estas tres formas puras, existen infinitas formas combinadas de elaborar el plan, basándose parcialmente en instrucciones de fabricantes, complementándolo en mayor o menor medida con protocolos genéricos y por último incorporando instrucciones derivadas de los análisis de fallos que puede sufrir la instalación. (García, 2021)

A continuación, se describen cada una de estas:

5.2.5.1 Plan de mantenimiento basado en instrucciones de fabricantes.

La primera de las técnicas para determinar las tareas que compondrán el plan de mantenimiento consiste en basar dicho plan de forma exclusiva en las instrucciones de los fabricantes. La elaboración de un plan de mantenimiento de una instalación industrial basándose en las instrucciones de los fabricantes es la forma más cómoda y habitual de elaborar un plan de mantenimiento. El hecho de que sea cómoda no quiere decir que sea sencilla, ya que en primer lugar hay que conseguir recopilar todas las instrucciones técnicas de cada fabricante, y esto no siempre es fácil. En segundo lugar, cada fabricante elabora sus instrucciones de mantenimiento

en formatos completamente distintos, lo que complica en gran manera redactar un plan de mantenimiento con unas instrucciones en un formato unificado. (García, 2021)

5.2.5.2 Plan de mantenimiento basado en Protocolo de mantenimientos.

El conjunto de tareas de mantenimiento que corresponde a un equipo tipo se denomina protocolo de mantenimiento programado. Si se elaboran los protocolos de mantenimiento de todos los tipos de equipos presentes en todo tipo de instalaciones industriales y se confecciona posteriormente una lista con todos los equipos de los que dispone la instalación concreta que se está analizando, solo hay que aplicar el protocolo de mantenimiento que le corresponde a cada uno de ellos para tener una lista completa y detallada de todas las tareas de mantenimiento preventivo a realizar en la planta. El posterior tratamiento de esta gran lista de tareas para agruparlas por sistema, frecuencia y especialidad irá formando las diferentes gamas que componen el plan de mantenimiento de la planta (García, 2021). En este tipo de plan se tienen en cuenta: determinación de las tareas, especialidad del trabajo, frecuencia duración estimada, permiso de trabajo, equipo parado/en marcha.

5.2.5.3 Plan de mantenimiento basado en análisis de fallos potenciales de la instalación (RCM).

Elaborar un plan de mantenimiento de una instalación basado en el análisis de los fallos potenciales de la instalación y la determinación de las medidas preventivas necesarias para evitarlos es sin duda el método más preciso a la hora de determinar las tareas de mantenimiento preventivo que es interesante llevar a cabo en una instalación para optimizar los objetivos de disponibilidad, fiabilidad, coste y vida útil. La técnica más habitual para realizar el análisis de fallos de la instalación es la denominada RCM (Reliability Centered Maintenance), aunque existen otras técnicas para llevar a cabo este tipo de análisis.

La base del proceso RCM o de un análisis de fallos potenciales es el estudio previo de la instalación para determinar qué puede fallar, cómo puede hacerlo, qué consecuencias tendría, y qué medidas podrían adoptarse para evitar cada uno de los fallos determinadas, medidas que deben ser acordes en coste y complejidad con las consecuencias que puede derivarse de que se produzca el fallo analizado (García, 2021).

5.3 Marco normativo legal

En la siguiente tabla se especifican las normas que son aplicables al trabajo de investigación.

Tabla 1.
Marco normativo y legal.

Norma/ Reglamento	Capítulo/Numeral	Observaciones
Guía técnica colombiana GTC 20 "Mantenimiento. Cuestionario tipo de evaluación de una empresa de mantenimiento"	Completo	El objeto de esta guía es describir un método de encuesta utilizado por un usuario o un constructor de bienes de equipo industrial, para la selección de una empresa de mantenimiento en el marco, por ejemplo, de un contrato de mantenimiento.
Guía técnica colombiana GTC 62. "Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. mantenimiento. terminología"	Completo	Esta guía tiene por objeto establecer las definiciones que se utilizan en el área de mantenimiento en plantas industriales y en empresas de servicios.
ISO 55001 Gestión de Activos	9.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación.	Para identificar la criticidad de las maquina y equipos
Norma ISO 9001-2015	6.2, 7.1.3, 7.1.4, 7.1.5 y 8.1	Identificar los equipos, maquinas e infraestructura, Definir las operaciones de mantenimientos, los planes y los registros de las actividades ejecutadas a cada uno de las maquinas, equipos e infraestructura de la organización.
Norma ISO 14224		Esta norma se utilizará como apoyo, sobre la toma de datos y estructuración

	Completo	de la información, referente a la confiabilidad y disponibilidad de las máquinas y equipos objeto de estudio en el este trabajo de investigación.
Norma SAE JA011 Y SAE JA012	Completo	Esta norma brinda el método y los criterios para determinar la frecuencia de fallas, las consecuencias de estas, y así determinas la criticidad de cada una de las máquinas y equipos objeto de estudio.

Nota: *Se presentan las diferentes normas nacionales e internacionales, que son aplicables a este trabajo de investigación* ***Fuente:*** *Autores*

6 Marco Metodológico

6.1 Recolección de la información

6.1.1 Tipo de investigación

Los tipos de investigación que se suelen utilizar para el desarrollo de un proyecto investigativo se presentan en la tabla 2, así como también las características de cada uno de ellos. Por consiguiente, de la tabla se tomarán los que más se relacionen con el área objeto de estudio de este proyecto.

Tabla 2.
Tipos de investigación

	Características
Histórica	Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente.
Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
Descriptiva	Reseña, rasgos, cualidades o atributos de la población estudiada.
Correlacional	Mide el grado de relación entre variables de la población estudiada.
Explicativa	Da razones del porqué de los fenómenos.

Estudios de caso	Analiza una unidad específica de un universo poblacional.
Seccional	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única.
Longitudinal	Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.
Experimental	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes.

Nota: *Se presentan los diferentes tipos de investigación, con los cual se pueden llevar a cabo el desarrollo de un proyecto investigativo.* ***Fuente:*** *(Universidad ECCI, 2016)*

En este trabajo de investigación se utilizó una metodología basada en las características descriptiva y explicativa, así también bajo un paradigma mixto, en el cual se recopilará información de los manuales de fabricantes, históricos de fallas de las máquinas y equipos, información suministrada por el personal que las opera y el aporte de los autores, basados en su experiencia.

6.1.2 Fuentes de obtención de la Información

6.1.2.1 Fuentes primarias

Las fuentes de información primarias que se utilizaran para el desarrollo del tema de investigación son las siguientes: información obtenida de la compañía, los indicadores de gestión de mantenimiento, el registro de fallas de las máquinas, la lista de inventarios y la taxonomía de cada una de ellas.

6.1.2.2 Fuentes secundarias

En las fuentes secundarias, se encuentra información recopilada de bases de datos, artículos científicos, libros de texto y trabajos de grado.

6.1.3 Herramientas para la investigación

Para la recolección de la información, se utilizará la metodología de las "**5M**": Así, como también otras metodologías como:

- Criticidad de Equipos.
- Planes de Mantenimientos Preventivos.
- Modelo de Gestión de Mantenimiento (MGM) de 8 fases
- 5W2H

6.1.4 Metodología de la investigación

6.1.4.1 Desarrollo del objetivo número 1

Para el desarrollo del objetivo número 1 "*Describir el proceso de mantenimiento que actualmente aplica Polimérica SAS en su proceso de Extrusión-Soplado*" se realizarán las siguientes actividades:

- Reseñar el proceso de mantenimiento que tiene actualmente la compañía.
- Levantamiento del histórico de fallas que se han presentado durante el tiempo de estudio de operación de la línea.
- Análisis del reporte de actividades correctivas que se han realizado
- Categorización de fallas y soluciones presentadas para establecer si existen errores conocidos y ya hay métodos establecidos para resolver cierto tipo de fallas presentadas.

6.1.4.2 Desarrollo del objetivo número 2

Para el desarrollo del objetivo número 2 "*Seleccionar la metodología de mantenimiento que mejor se adapte al área de extrusión-soplado, partiendo de las características técnicas de los equipos de la compañía*" se realizarán las siguientes actividades:

- Especificar las características técnicas de las máquinas y su taxonomía.
- Verificación de las recomendaciones y planes propuestos por el fabricante o proveedor de las máquinas.
- Comparación con prácticas realizadas por otras compañías para determinar el mejor método aplicable a la línea en Polimérica S.A.

6.1.4.3 Desarrollo del objetivo número 3

Para el desarrollo del objetivo número 3 "*Realizar el plan estratégico que permita estandarizar el proceso de mantenimiento preventivo en cada uno de los componentes de la línea de estudio.*" se realizarán las siguientes actividades:

- Enumerar las actividades a realizar según análisis de prioridad y criticidad que permitan impactar al 100% la línea en cada mantenimiento.
- Proponer formatos para estandarizar los procesos de mantenimiento preventivo.
- Establecer actores del proceso de mantenimiento para minimizar en el impacto en todas las áreas de la compañía que se ven involucradas

6.1.5 Información recopilada

Para la recolección de la información se utilizó la metodología de “5M” como se había dicho anteriormente, y también se relaciona el histórico de mantenimiento correctivos que se han realizado a los equipos durante el periodo de estudio.

6.1.5.1 Método.

Se realizó una descripción detallada del actual procedimiento de mantenimiento realizando en la compañía, esta se muestra a continuación:

Al finalizar el año, el coordinador de mantenimiento establece una lista de actividades para el siguiente año, asignadas mensualmente en el formato F-16. Estas actividades están basadas en los registros archivados de años anteriores, y en los equipos nuevos que hayan ingresado. A partir de este cronograma general anual, el coordinador debe realizar un cronograma de mantenimiento preventivo mensual antes del tercer día hábil del mes y enviarlo al coordinador de gerencia, para su aprobación.

Las actividades que se programan anualmente son básicas, por lo general son: limpieza, lubricación y ajuste de componentes, no se tiene una lista de chequeo establecida con tareas generales por máquina ni el tiempo en el cual realizar estas; la mayoría de los equipos no cuentan con un sistema de conteo para cierre de ciclos u horas de trabajo, por lo que la programación se realiza con la proyección de producción de cada máquina, por lo general producción no cuenta con la proyección completa, por lo que la programación se realiza con fechas tentativas.

Al momento de realizar el mantenimiento preventivo, en las fechas tentativas que se programaron, muchas veces las máquinas no están disponibles por producción, por lo que este se aplaza y casi siempre se realiza el primer lunes del mes, día en que la planta no trabaja porque se

realiza una reunión general en la compañía, una vez realizado el mantenimiento se deja la evidencia en formatos F-17A (formato de mantenimiento preventivo y correctivo).

Cuando se presenta la necesidad de realizar mantenimiento correctivo a una máquina, equipo o instalación, la persona que identifica el problema emite una solicitud de mantenimiento correctivo, mediante el formato F-22 Solicitud de Mantenimiento, el Coordinador de Mantenimiento y/o auxiliar de mantenimiento realiza inspección para determinar la posible falla y estimar el tiempo necesario para su reparación. La autorización para realizar mantenimientos correctivos, que incluyan compras la emitirá el Gerente General. El Coordinador de Mantenimiento estará en capacidad de realizar compras sin autorización siempre y cuando estas no superen los $300.000, posterior a esto el dinero será reembolsado al Coordinador de Mantenimiento cuando presente la factura del elemento comprado.

También en el proceso se utiliza un procedimiento para evidenciar si los equipos presentan fallas así:

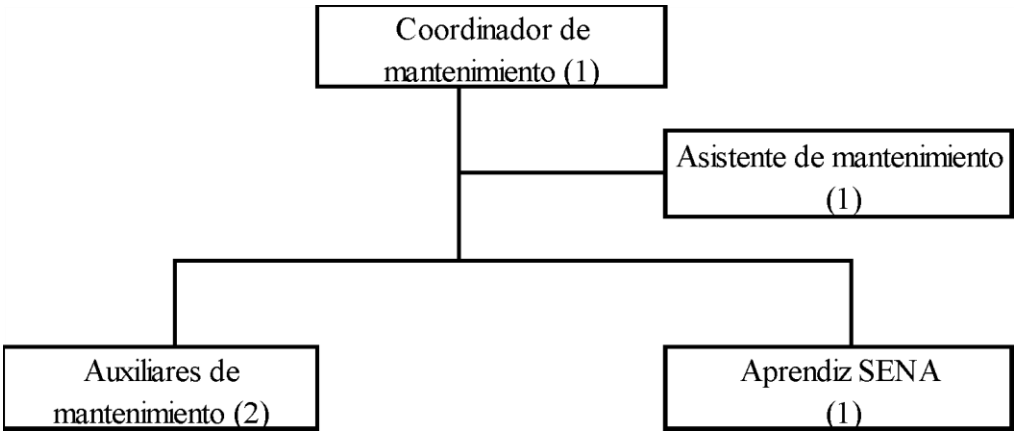
- Todos los días en las horas de la mañana y antes de salir de turno los auxiliares de mantenimiento realizan una inspección de los equipos verificando la correcta funcionalidad de estos, esta información se registra en el formato F-17B (Formato de Revisión Preoperacional)

Por último, el horario de trabajo del personal de mantenimiento está comprendido entre las 7:00 a 17:00 de lunes a viernes y de 7:00 a 13:00 los sábados, para los fallos que ocurran por fuera de este horario, los técnicos montajista de producción son las personas que se encargan de reparar la avería si está dentro de sus capacidades, si estos no pueden ser resueltos, tienen que apagar la máquina hasta el día siguiente que llegue el personal de mantenimiento.

6.1.5.2 Mano de obra.

El área de mantenimiento de Polimérica SAS está organizada como se muestra en la figura 7.

Figura 7.
Organigrama de mantenimiento.



***Nota**: Se presentan los diferentes niveles de la organización de mantenimiento en Polimérica SAS; **Fuente**: Autores*

6.1.5.3 Máquina.

Polimérica SAS, cuenta con un gran número de máquinas y equipos periféricos, en sus distintos tipos de procesos, este listado completo se presenta en el anexo 1. La mayoría de las máquinas poseen características similares en su funcionamiento, al igual les ocurre a los equipos periféricos, por esto se seleccionan los tres más representativos de la línea de extrusión-soplado de Polimérica SAS y las cual serán objeto de estudio; son los siguientes:

- Máquina de soplado convencional -CHIAMING CM -65DV.
- Compresor de baja KAESER –AS30.
- Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5

Las características y componentes principales de cada uno de los equipos antes mencionados se especifican en los anexos 2, 3 y 4, respectivamente.

6.1.5.4 Materiales.

La empresa cuenta, con un almacén pequeño de repuestos e insumos consumibles, de los materiales más utilizados durante el año, este almacén está a cargo del personal de mantenimiento; si se requiere la compra de algún repuesto en específico, se realiza la solicitud al área de compras sin embargo en algunos casos particulares, el coordinador de mantenimiento solicita el valor del repuesto directamente al área de tesorería. Aparte de esto, se cuenta con un gran número de proveedores a los cuales se les solicitan los materiales requeridos y al final del mes envía la respectiva factura.

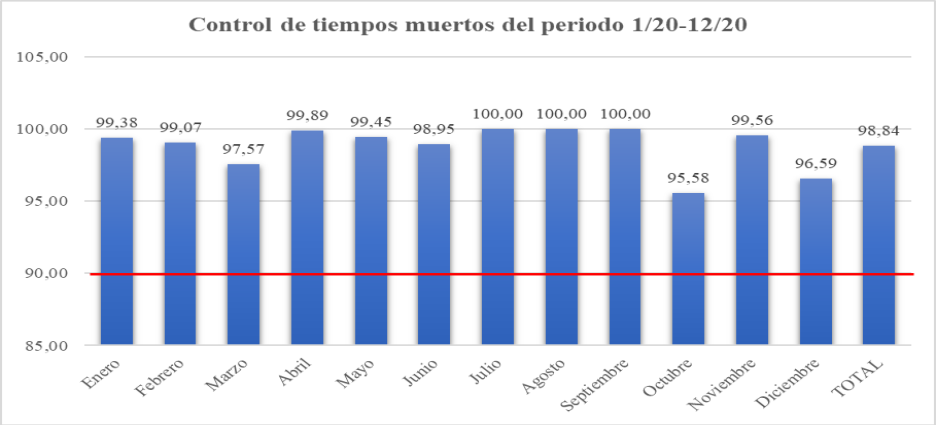
6.1.5.5 Medición.

La gestión del área de mantenimiento se mide por medio de dos indicadores:

- *Eficacia de las requisiciones de mantenimiento*, mide el cumplimento de ejecución de las actividades para mantenimientos programadas durante el mes, este indicador debe ser mayor al 80%.
- *Control de tiempos muertos de máquinas y equipos por fallas en estos*, mide las horas que duran las paradas de las máquinas por mantenimientos correctivos, respecto a la producción del mes de cada una de ellas, este indicador debe ser mayor al 90%.

A continuación, se muestran los resultados de los indicadores anteriormente mencionados en el transcurso del tiempo objeto de estudio (01/2020-06/2021):

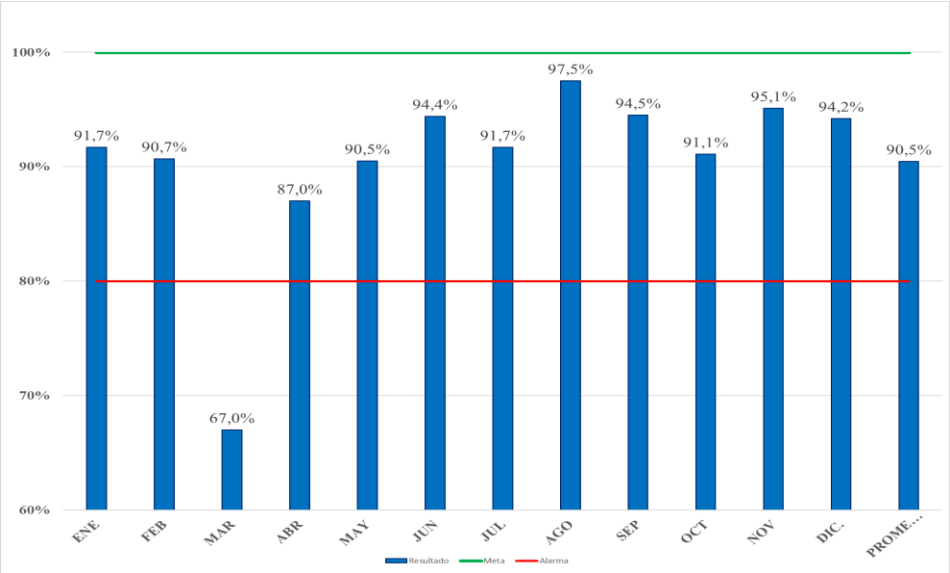
Figura 8.
Indicador del control de tiempos muertos del periodo 1/20-12/20



Nota: *se muestra el indicador de paradas no programadas durante el periodo de enero del 2020 a diciembre de 2021.* ***Fuente****: Autores.*

Figura 9.

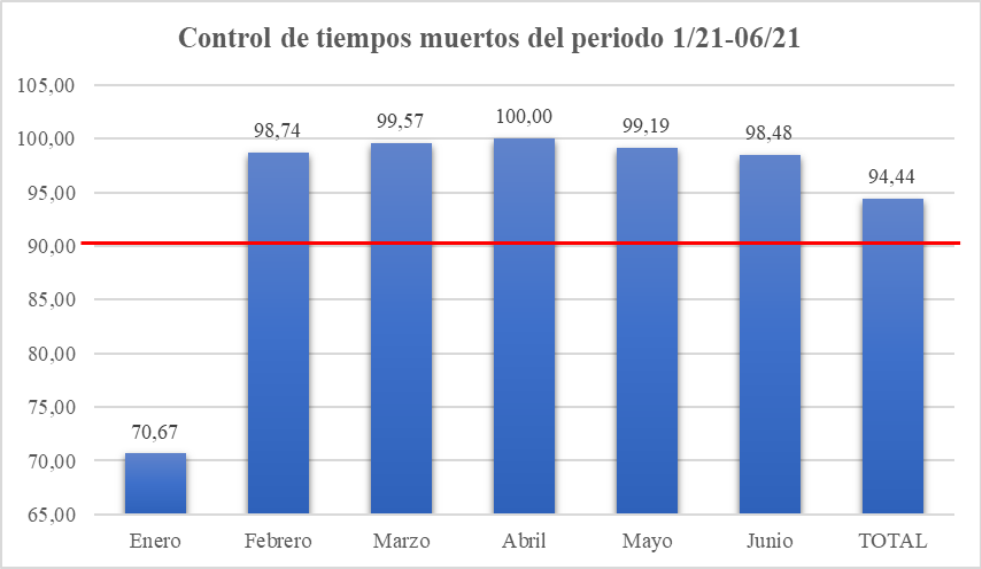
Indicador de la eficacia de mantenimiento periodo 1/20-12/20



Nota: *se muestra el indicador del cumplimiento del cronograma de mantenimiento durante el periodo de enero del 2020 a diciembre de 2021.* ***Fuente****: Autores*

Figura 10.

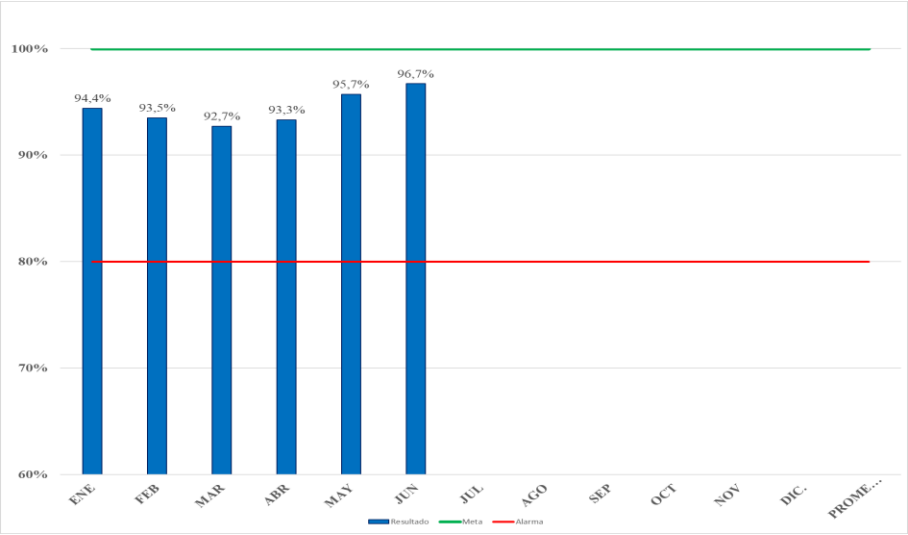
Indicador del control de tiempos muertos del periodo 1/21-6/21



Nota: *se muestras el indicador de paradas no programas durante el periodo de enero del 202a a junio de 2021.* ***Fuente****: Autores*

Figura 11.

Indicador de la eficacia de mantenimiento periodo 1/21-6/21



Nota: *se muestras el indicador del cumplimiento del cronograma de mantenimiento durante el periodo de enero del 2021 a junio de 2021.* ***Fuente****: Autores*

6.1.5.6 Histórico de mantenimientos correctivos.

Los mantenimientos correctivos que se presentaron durante el tiempo estudiado (01/2020-06/2021), para cada uno de los equipos que conforman la línea de extrusión soplado se resumen a continuación. En los anexos 5 y 6 se muestra detalladamente cada uno de estos.

Tabla 3.
Histórico de fallas

Maquina/equipo	Cantidad de fallas	Tiempo parado por fallas (horas)	Costos de repuestos ($)
Máquina de soplado convencional -CHIAMING CM -65DV	29	374,25	3.765.523
Compresor de baja KAESER –AS30.	0	0	0
Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5	3	14,10	5.213.810
Total	**32**	**388,35**	**8.979.333**

Nota: *se muestras en número de fallas y los costos de reparación de estas, el periodo de enero del 2020 a junio de 2021.* ***Fuente****: Autores*

6.2 Análisis de la Información

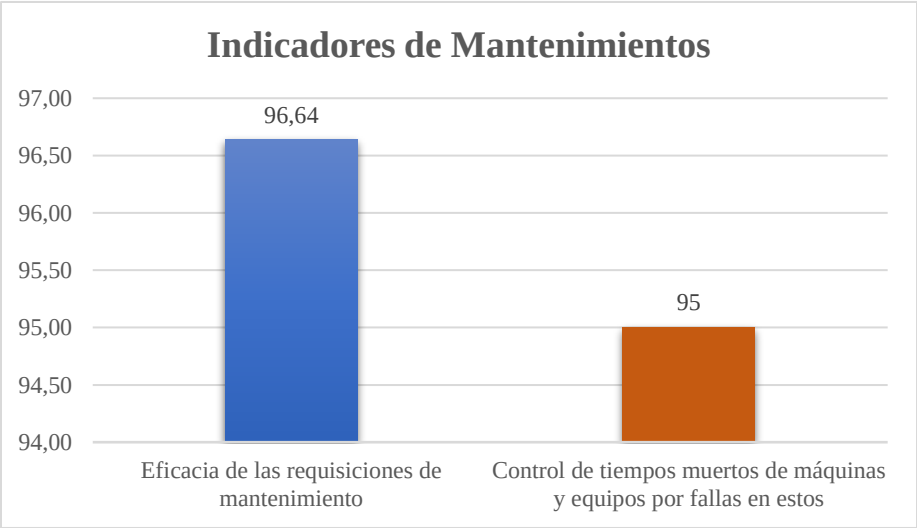
A partir, de la información recopilada se puede decir, que la forma en la cual se están programando y realizando las actividades de mantenimiento preventivos actualmente en la empresa Polimérica SAS, no son confiables y no garantizan la programación y posterior ejecución en los tiempos óptimos de las actividades principales y fundamentales, que se deben realizar a cada una de las máquinas y equipos de la línea de extrusión-soplado de la compañía. Por lo cual se realizan mantenimientos antes de que el equipo lo requiera, lo que genera un sobrecosto, o puede pasar el caso contrario en el cual los mantenimientos preventivos se están realizando mucho tiempo después de que las máquinas lo requieran, lo que ocasionan que la vida útil de estas se reduzca drásticamente, lo que puede conllevar a fallas reiteradas en cada uno de los equipos que conforman este proceso de la empresa.

Para abordar, la problemática que está ocasionando que la ejecución y programación de las actividades de mantenimiento no sea confiable, se utilizará la metodología de 5W2H:

- ¿Qué? La programación y ejecución de los mantenimientos preventivos no es confiable.
- ¿Por qué? Las máquinas no tienen un listado de actividades establecidas para programar, así como tampoco una frecuencia en la cual estas se deban realizar.
- ¿Cuándo? Se requiere realizar la programación de las actividades preventivas de las máquinas y su posterior ejecución.
- ¿Dónde? En las máquinas y equipos periféricos de la línea de extrusión soplado de Polimérica SAS.
- ¿Quién? El Coordinador de mantenimiento a la hora de programar las actividades preventivas y el retraso en la producción debido a fallas en los equipos.
- ¿Cómo? Realizando un listado de actividades preventivas a cada una de las máquinas y equipos que conforman la línea de extrusión-soplado de la empresa, además se le instalarán contadores de ciclos digitales a las máquinas y horómetros a los equipos periféricos que lo requieran para controlar el tiempo en el cual se deban programar y ejecutar dichas actividades.
- ¿Cuánto? Se requiere la instalación de un contador de ciclo para la máquina de soplado convencional -CHIAMING CM -65DV y un horómetro para el equipo refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7, 5. Los cuales tienen un costo de $400.000 pesos.

Por otra parte, se tiene un análisis de los dos indicadores de gestión del área de mantenimiento; el primero mide la eficacia de las requisiciones de mantenimiento y el segundo mide los tiempos muertos de máquinas y equipos por fallas en estos.

Figura 12.
Indicadores de mantenimientos



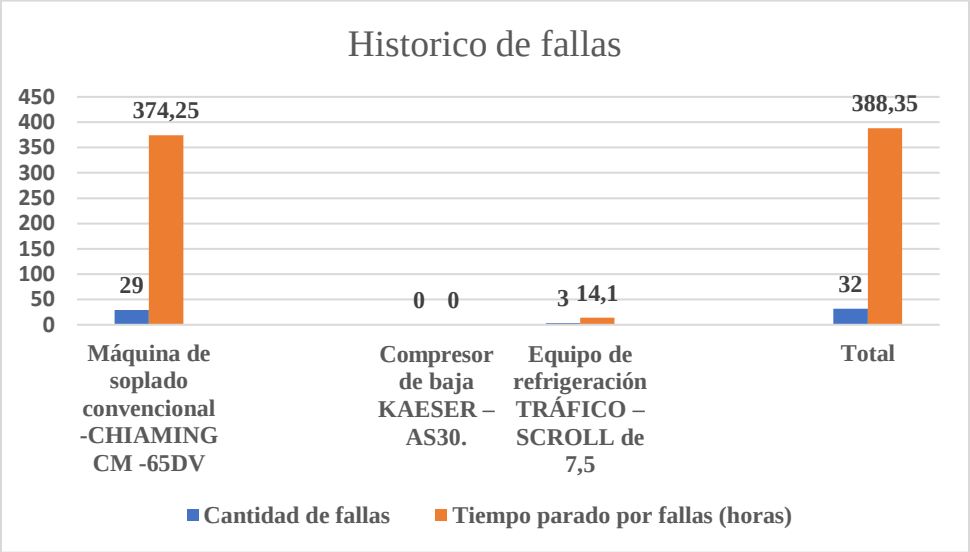
Nota: *se muestras el resultado de los indicadores de mantenimiento en el periodo de enero del 2020 a junio de 2021.* ***Fuente:*** *Autores*

A partir de la figura anterior se evidencia que los dos indicadores que se están empleando actualmente cumplen, con los porcentajes requeridos por la compañía los cuales son superiores al 80% y 90% respectivamente. Sin embargo, como se puede apreciar en la información contenida en la Figura 9, en el mes de marzo solo se alcanzó un 67% del indicador que mide la eficacia de la ejecución de las actividades de mantenimiento durante el periodo analizado, al igual que en la figura 10, en el mes de enero solo se alcanzó un 70,67% del indicador del control de tiempos muertos en el mismo periodo; estos indicadores están relacionados, puesto que al no realizar las actividades que se programan para las máquinas pueden estar ocasionando que estas fallen durante un periodo posterior en el tiempo.

Aparte de esto, la información que se obtienen de los indicadores solo se está limitando a informar si se cumplieron con las actividades que estaban programadas y el número de fallas que tuvieron cada una de las máquinas en el mes, sin tener en cuenta los recursos que se utilizaron para llevar a cabo dichas tareas, ni la periodicidad de las fallas y las consecuencias de estas en la productividad de la planta.

Siguiendo con el análisis de la información, se realizaron las gráficas del histórico de fallas que se presentaron, así como también el cálculo de los indicadores de disponibilidad MTTR Y MTTF, durante el tiempo objeto de estudio que corresponde a 18 meses. en la figura 12 se muestra la representación gráfica.

Figura 13.
Histórico de fallas



Nota: *se muestra la gráfica de fallas vs el tiempo que las máquinas estuvieron paradas, en el periodo de enero del 2020 a junio de 2021.* ***Fuente:*** *Autores*

De la figura 13, se puede evidenciar la cantidad de fallas y los tiempos que los equipos duraron detenidos a causas de estas durante el periodo de estudio.

Como resultado de este análisis encontramos que la máquina de soplado convencional CHIAMING CM-65DV presentó 29 fallas y que el equipo de refrigeración TAFRICO SCROLL,

tuvo tres paradas correctivas, es así como la línea de extrusión-soplado de Polimérica SAS presentó los valores correspondientes a los indicadores de disponibilidad:

- MTTF = 393,73 horas/paradas
- MTTR =12,51 horas/paradas

Partiendo de toda la información anteriormente analizada, está la necesidad de tomar medidas correspondientes para disminuir la frecuencia de las fallas y con esto, los tiempos que los equipos están detenidos y así aumentar la productividad y disponibilidad de la línea de extrusión soplado de la compañía.

6.3 Propuesta de solución

Después del análisis de la información recopilada, se plantea la solución de proponer un plan de mantenimiento preventivo para la línea de extrusión - soplado de la compañía, para lo cual se utilizará Modelo de Gestión de Mantenimiento (MGM) de 8 fases. Ver figura 14.

Figura 14.
Modelo de Gestión de Mantenimiento (MGM).

Nota: *se presenta el sistema MGM, el cual se utilizó para llevar a cabo la propuesta de solución del proyecto* ***Fuente:*** *(Parra & Crespo, 2015)*

6.3.1 Fase 1. Definición de objetivos y estrategias.

En esta parte se propondrán objetivos operacionales de mantenimientos, puesto que, actualmente el departamento de mantenimiento no cuenta con ellos. Para establecer los objetivos estratégicos primero se plantearán la misión y visión del área de mantenimiento de la compañía, las cuales, al igual que los objetivos deben estar alineados con las de la compañía:

6.3.1.1 Misión de área de mantenimiento.

Velar por el estado de la maquinaria, equipos e infraestructura de la empresa, garantizando el funcionamiento correcto y eficiente, así como también el estado adecuado de los moldes mediante la coordinación, dirección y realización de los mantenimientos preventivos, enfocados en una filosofía de calidad, seguridad y confiabilidad.

6.3.1.2 Visión del área de mantenimiento.

Ser la mejor opción por cumplimiento, calidad y servicio para nuestros clientes internos, gracias a un personal idóneo y capacitado para dar solución a las solicitudes que se presentan en las instalaciones de la compañía. Estar cada día informados en las innovaciones que salen en el mercado, para así mejorar continuamente los servicios que se prestan.

6.3.1.3 Objetivos estratégicos de mantenimiento

Teniendo en cuenta las características de los equipos, el proceso manufacturero que estos realizan, los recursos tanto económicos como humanos y el plan estratégico de área de mantenimiento, se establecerán los siguientes objetivos que se deben cumplir:

- Medir la disponibilidad de la línea de extrusión soplado.
- Medir la fiabilidad de la línea de extrusión soplado.
- Asegurar una larga vida útil de las máquinas y equipos periféricos que conforman la línea de extrusión soplado de la compañía.
- Garantizar que los costos de mantenimientos estén en los valores óptimos del presupuesto establecido.

A todos los objetivos anteriormente planteados, se les realizará seguimiento por medio de indicadores, los cuales se plantean más adelante.

6.3.2 Fase 2. Jerarquizar equipos.

Para esto se realizó un análisis de criticidad de las máquinas y equipos, determinando en cuál de estas se debe tener mayor cuidado a la hora de realizar la programación y posterior ejecución en las actividades de mantenimiento.

Para el cálculo de la criticidad de los equipos se utilizará la metodología de Criticidad Total por Riesgo (CTR). La fórmula para calcular la criticidad por este método está dada por:

- CRT= Frecuencia de Falla (FF) por Consecuencia(C).

En la siguiente tabla se describen los factores y valores, con los cuales se calcula la frecuencia de falla:

Tabla 4.
Frecuencia de fallas del modelo CRT

Ocurrencia de modo de falla	Clasificación	Frecuencia
Excelente	1	Menos de 0,5 eventos al año
Bueno	2	Entre 0,5 y un 1 evento al año
Promedio	3	1 y 2 eventos al año
Frecuente	4	Mayor a 2 eventos al año

Nota: *se muestra los factores con los cuales se encontrará la frecuencia de falla, basado en el modelo CRT.* ***Fuente:*** *Autores.*

Para calcular el valor de la consecuencia se utiliza la fórmula:

- C = (IO x FO) + CM + SHA (3.2)

Donde:

- (IO) Factor de impacto en la producción.
- (FO) Factor de flexibilidad operacional.
- (CM) Factor de costes de mantenimiento.
- (SHA) Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente.

A continuación, se describen los factores y valores de cada uno de estos:

Tabla 5.
Consecuencia de falla del modelo CRT

	Consecuencias				
IO Escala (1 - 10)	**10** Pérdidas de producción superiores al 75%	**7** Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%	**5** Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%	**3** Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%	**1** Pérdidas de producción menor 10%
FO Escala (1 - 4)	**4** No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes		**2** Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios		**1** Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños
CM Escala (1 - 2)	**2** Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a $1.000.000 Pesos		**1** Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a $1.000.000 Pesos		
SHA Escala (1 - 8)	**8** Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/ó incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos	**6** Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/ó incidente ambiental de difícil restauración	**3** Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas		**1** No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales

Nota: *se muestra los factores con los cuales se encontrará la consecuencia de la falla de cada una de las máquinas y equipos, basado en el modelo CRT.* ***Fuente:*** *Autores.*

La escala de los factores se estableció basada en la experiencia de los autores y apoyados por personal de la compañía, la matriz de criticidad que propone este modelo ver figura 15, permite jerarquizar los sistemas en tres áreas:

- Área de sistemas No Críticos (NC)
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC)
- Área de sistemas Críticos (C)

Figura 15.
Matriz de criticidad modelo CTR

FRECUENCIA	10	20	30	40	50
4	MC	MC	C	C	C
3	MC	MC	MC	C	C
2	NC	NC	MC	C	C
1	NC	NC	NC	MC	C

CONSECUENCIA

Nota: *se presenta la tabla de criticidad del modelo CRT.* ***Fuente:*** *(Parra & Crespo, 2015)*

La matriz de criticidad de los activos analizados está dada por la figura 16, en la cual se representan la relación de la frecuencia con la consecuencia, obteniendo así el valor de la criticidad de cada uno de ellos.

Figura 16.
Matriz de criticidad línea extrusión soplado

Análisis de criticidad por el método de Criticidad Total por Riesgo (CTR).														
N°	**Equipo**	**Frecuencia**	**Calificación**	**IO**	**Calificación**	**FO**	**Calificación**	**CM**	**Calificación**	**SHA**	**Calificación**	**Consecuencia**	**Criticidad total**	**Valoración**
1	Máquina de soplado convencional - CHIAMING CM -65DV	Mayor a 2 eventos al año	4	Pérdidas de producción superiores al 75%	10	No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy	4	Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a $1.000.000 Pesos	1	Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor	3	44	176	**C**
2	Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5	Mayor a 2 eventos al año	4	Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%	5	Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción	2	Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a $1.000.000 Pesos	2	Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/ó incidente ambiental de difícil	6	18	72	**MC**
3	Compresor de baja KAESER –AS30.	Menos de 0,5 eventos al año	1	Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%	5	Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística	2	Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a $1.000.000 Pesos	2	Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/ó incidente ambiental de difícil restauración	6	18	18	**NC**

Nota: *se muestra la criticidad de cada una de las máquinas y equipos objeto de estudio.* ***Fuente:*** *Autores.*

Como se muestra en la figura 16, la máquina y el equipo que presenta mayor criticidad es la sopladora convencional -CHIAMING CM -65DV y Chiller de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5. A estos dos equipos se les debe dar mayor prioridad a la hora de programar y ejecutar los mantenimientos preventivos.

6.3.3 Fase 3. Análisis de puntos débiles.

En esta fase luego de realizar el análisis de criticidad en la cual se determinó dentro de la línea de extrusión y soplado, se analiza por el método de criticidad por riesgo que la máquina de soplado convencional -CHIAMING CM -65DV- tiene el mayor nivel de criticidad evidenciando que no se cuenta con unidades de reemplazo para suplir la producción y que sus tiempos de reparación son demasiado largos. Se analizan los indicadores de la línea de extrusión y soplado en donde se evidencia que dentro del periodo analizado de enero a diciembre del 2020 la máquina tuvo 29 fallas con un tiempo fuera de servicio de 374 horas y un costo de los repuestos para implementar el equipo de 3.765.523; como ya se mencionó no se tiene un reemplazo para continuar con la producción en la línea.

Dentro de los puntos débiles evidenciados se identifica que no se tiene personal de mantenimiento en el horario nocturno teniendo presente que la línea trabaja las 24 horas, para las fallas presentadas durante estos horarios si, se tienen los elementos necesarios para su corrección son realizados por el personal de producción quienes en la actualidad no son idóneos para estas reparaciones.

6.3.4 Fase 4. Diseño del plan de mantenimiento.

En esta fase es necesario establecer qué tipo de plan de mantenimiento se va a proponer para ser utilizado en la línea de extrusión soplado de Polimérica SAS, para esto hay que tener en cuenta que este plan se desea que se extienda a todo las máquinas y equipos que conforman las líneas de producción de la compañía, y partiendo que los activos productivos poseen características y funciones similares, así como también se tienen algunos manuales de funciones, se optó por implementar un plan de mantenimiento mixto basado en protocolos genéricos y

recomendaciones de fabricantes. En el caso de estudio solo se realizará el plan de mantenimiento para los activos ya antes mencionados los cuales son tres.

Como en la empresa se tienen los manuales de funciones de los compresores de aire de alta marca KAESER, a todos estos equipos se les realiza el plan de mantenimiento por recomendaciones del fabricante. Por otra parte, no se tiene manuales de mantenimiento de los Chiller y las máquinas de extrusión-soplado se les aplicará un plan de mantenimiento basado en protocolos genéricos, para asignar las actividades preventivas, se propondrán de acuerdo con la experiencia de los autores, las fallas más reiterativas y recomendaciones del personal operativos.

A continuación, se especifican las actividades preventivas que se les realizará a cada una de las máquinas y equipos objeto de estudio:

Tabla 6.
Actividades de mantenimiento Máquina de extrusión-soplado CHIAMING CM-65DV

Máquina de soplado convencional -CHIAMING CM -65DV	
Ítem	**Tarea de mantenimiento**
1	Inspección operacional
2	Limpieza general
3	Lubricación
4	Inspección Funcional
5	Inspección de estado de correas
6	Revisión y Ajustes eléctricos
7	Filtrar aceite hidráulico
8	Cambio del sistema eléctrico del cabezal
9	Revisión y limpieza del tornillo de extrusión
10	Limpieza y revisión del intercambiador de refrigeración
11	Cambio de aceite de transmisión
12	Revisión y ajuste de la bomba hidráulica principal
13	Revisión y ajuste de la bomba hidráulica del cabeceo
14	Revisión y ajustes del motor eléctrico de la bomba hidráulica principal
15	Revisión y ajustes del motor eléctrico de la bomba hidráulica del cabeceo
16	Revisión y ajustes del motor eléctrico de la extrusora
17	Revisión y ajustes del sistema hidráulico

18	Revisión y ajuste del sistema de refrigeración
19	Cambio de aceite hidráulico

Nota: *Se presenta la lista de actividades preventivas de la Máquina de extrusión-soplado CHIAMING CM-65DV.* ***Fuente:*** *Autores.*

Tabla 7.
Actividades de mantenimiento Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5.

Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5.	
Ítem	**Tarea de mantenimiento**
1	Inspección operacional: Revisar el funcionamiento del equipo, que este no presente fugas, ruidos extraños y que las presiones estén en los valores normales de trabajo.
2	Realizar la limpieza externa del equipo, con un paño limpio y agua con un agente de limpieza, así como también realizar una inspección operativa.
3	Mantenimiento general del equipo en el cual se verifica: - Revisión de fugas. - Inspección del aislamiento térmico. - Chequeo de contactores y reapriete de conexiones. - Limpieza de condensadores y peinado de serpentinas. - Chequeo de la presión de aceite en compresores y adicionar si es necesario. - Chequeo de las presiones de refrigerante y adicionar si es necesario.

Nota: *Se presenta la lista de actividades preventivas del Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5.* ***Fuente:*** *Autores.*

Para la asignación de las actividades de mantenimiento del compresor AS 30, como se había dicho anteriormente se realizarán por recomendaciones del fabricante, en este caso KAESER, el cual realiza su mantenimiento por rutinas como se evidencia en la tabla 8. En el anexo 7 se describen las características de cada una de estas.

Tabla 8.
Actividades de mantenimiento del Compresor de baja KAESER –AS30.

Compresor de baja KAESER –AS30.	
Ítem	**Tarea de mantenimiento**
1	Inspección Operativa
2	Limpieza Externa
3	MTTO tipo A

4	MTTO tipo B
5	MTTO tipo C
6	MTTO tipo D
7	Cambio de Correa
8	Cambio Rodamientos Motor

Nota: *Se presenta la lista de actividades preventivas del Compresor de baja KAESER –AS30.*
Fuente: *Autores.*

6.3.5 Fase 5. Programación del mantenimiento.

En esta fase, se propondrá un formato para llevar a cabo la programación y posterior ejecución de las actividades que se asignaron a cada uno de los equipos objeto de estudio.

En la tabla 8, se plantea el formato que se utilizó para llevar el listado y control de actividades preventivas, en el cual se tiene en cuenta: la tarea de mantenimiento, la frecuencia, la especialidad de la personal que realiza la actividad, la duración de esta, si requiere autorización y, por último, si necesita que el equipo esté trabajando o no esté operando.

Para asignar la frecuencia para llevar a cabo cada una de las utilidades, es necesario instalar un dispositivo contador de ciclo en la máquina de soplado convencional -CHIAMING CM -65DV, como se había propuesto en el capítulo de análisis de la información, esto con el fin de llevar un mejor control de los mantenimientos preventivos. Las frecuencias y los tiempos de duración de las actividades de mantenimiento preventivas que se propusieron son estimaciones, basados en información recopilada del personal técnico, la experiencia de los autores e información recopilada de las hojas de vida, de cada uno de los activos.

Tabla 9.
Formato de Plan de mantenimientos

Formato de Plan de Mantenimiento													
Nombre de la máquina o equipo		**Código interno**		**Marca**			**Modelo**		**Año**		**Serial**		**Ubicación**
Ítem	**Tarea de mantenimiento**	**Frecuencia**	**Especialidad**	**Duración Estimada**	**Permiso de trabajo**	**Equipo Parado/Marcha**	**N°. Cierres actuales**	**Fecha último MTTO**	**Horas último MTTO**	**Fecha estimada Prox. MTTO**	**N° Cierres Progr. Prox. MTTO**	**N° Cierres ó días Faltantes MTTO**	**Observaciones**
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

Nota: *Se muestra el formato propuesto para llevar el control de las actividades preventivas.* ***Fuente:*** *Autores.*

6.3.5.1 Formato de plan de mantenimiento Máquina de extrusión-soplado.

En la tabla 10, se describen las tareas de mantenimientos propuestas bajo el modelo de protocolos genéricos, en este caso para la Máquina de soplado convencional -CHIAMING CM -65DV, los cuales se pueden aplicar para las demás máquinas que tengan características similares y realicen las mismas funciones que esta.

Tabla 10.
Formato de plan de mantenimiento Máquina de extrusión-soplado.

Formato de Plan de Mantenimiento

Nombre de la máquina o equipo	Código interno	Marca	Modelo	Año	Serial	Ubicación:
Máquina de soplado convencional	SC # 2	CHIAMING	CM -65DV	2005	5022	Zona de extrusión soplado

Ítem	Tarea de mantenimiento	Frecuencia	Especialidad	Duración Estimada	Permiso de trabajo	Equipo Parado/Marcha	N°. Cierres actuales	Fecha último MTTO	Horas último MTTO	Fecha estimada Prox. MTTO	N° Cierres Progr. Prox. MTTO	N° Cierres ó días Faltantes MTTO	Observaciones
1	Inspección operacional	2 x dia	Aux. MTTO	2 min	No	M							
2	Limpieza general	50.000 cierres	Aux. MTTO	60 min	Si	P							
3	Lubricación	50.000 cierres	Técnico MTTO	30 min	Si	P							
4	Inspección Funcional	50.000 cierres	Técnico MTTO	30 min	Si	M							
5	Inspección de estado de correas	50.000 cierres	Técnico MTTO	10 min	Si	P							
6	Revisión y Ajustes eléctricos	100.000 cierres	Técnico MTTO	30 min	Si	P							

7	Filtrar aceite hidráulico	600.000 cierres	Tec. Aux MTTO	180 min	Si	P
8	Cambio del sistema eléctrico del cabezal	600.000 cierres	Tec. Aux MTTO	120 min	Si	P
9	Revisión y limpieza del tornillo de extrusión	600.000 cierres	Tec. Aux MTTO	180 min	Si	P
10	Limpieza y revisión del intercambiador de refrigeración	600.000 cierres	Tec. Aux MTTO	60 min	Si	P
11	Cambio de aceite de transmisión	1.200.000 cierres	Tec. Aux MTTO	180 min	Si	P
12	Revisión y ajuste de la bomba hidráulica principal	1.200.000 cierres	Tec. Aux MTTO	180 min	Si	P
13	Revisión y ajuste de la bomba hidráulica del cabeceo	1.200.000 cierres	Tec. Aux MTTO	180 min	Si	P
14	Revisión y ajustes del motor eléctrico de la bomba hidráulica principal	1.200.000 cierres	Tec. Aux MTTO	480 min	Si	P
15	Revisión y ajustes del motor eléctrico de la bomba hidráulica del cabeceo	1.200.000 cierres	Tec. Aux MTTO	480 min	Si	P

16	Revisión y ajustes del motor eléctrico de la extrusora	1.200.000 cierres	Tec. Aux MTTO	480 min	Si	P
17	Revisión y ajustes del sistema hidráulico	1.200.000 cierres	Tec. Aux MTTO	120 min	Si	P
18	Revisión y ajuste del sistema de refrigeración	1.200.000 cierres	Tec. Aux MTTO	240 min	Si	P
19	Cambio de aceite hidráulico	2.400.000 cierres	Tec. Aux MTTO	240 min	Si	P

Nota: *Se muestra el plan de mantenimiento propuesto para la Máquina de soplado convencional -CHIAMING CM -65DV.* ***Fuente:*** *Autores.*

6.3.5.2 Formato de mantenimiento Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5.

En la tabla 11, se describen las tareas de mantenimientos propuestas bajo el modelo de protocolos genéricos, en este caso para el equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5, los cuales se pueden aplicar para las demás máquinas que tengan características similares y realicen las mismas funciones que esta.

Tabla 11.
Formato de mantenimiento Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5.

Formato de Plan de Mantenimiento						
Nombre de la máquina o equipo	**Código interno**	**Marca**	**Modelo**	**Año**	**Serial**	**Ubicación:**
Equipo de refrigeración 5T M1	Chiller 5T M1	TAFRICO	SCROLL DE 7.5 HP	2013	No presenta	Zona de extrusión soplado

Ítem	Tarea de mantenimiento	Frecuencia	Especialidad	Duración Estimada	Permiso de trabajo	Equipo Parado/Marcha	N°. Cierres actuales	Fecha último MTTO	Horas último MTTO	Fecha estimada Prox. MTTO	N° Cierres Progr. Prox. MTTO	N° Cierres ó días Faltantes MTTO	Observaciones
1	Inspección operacional: Revisar el funcionamiento del equipo, que este no presente fugas, ruidos extraños y que las presiones estén en los valores normales de trabajo.	2 x día	Aux. MTTO	2 min	No	M							
2	Realizar la limpieza externa del equipo, con un paño limpio y agua con un agente de limpieza, así como también realizar una inspección operativa.	15 días	Aux. MTTO	15 min	No	P							
3	Mantenimiento general del equipo en el cual se verifica: - Revisión de fugas. - Inspección del aislamiento térmico. - Chequeo de contactores y reapriete de conexiones. - Limpieza de condensadores y peinado de serpentinas. - Chequeo de la presión de aceite en compresores y adicionar si es necesario. - Chequeo de las presiones de refrigerante y adicionar si es necesario.	6 meses	Técnico MTTO/Tercero	60 min	Si	P							

Nota: *Se muestra el plan de mantenimiento propuesto para el equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5.* ***Fuente:*** *Autores.*

6.3.5.3 Formato de mantenimiento Compresor de baja KAESER –AS30.

En la tabla 12, se describen las tareas de mantenimientos propuestas por recomendaciones del fabricante, en este caso para el Compresor de baja KAESER –AS30, los cuales se pueden aplicar para las demás máquinas que tengan características similares y realicen las mismas funciones que esta.

Tabla 12.
Formato de mantenimiento Compresor de baja KAESER –AS30.

Formato de Plan de Mantenimiento

Nombre de la máquina o equipo	Código interno	Marca	Modelo	Año	Serial	Ubicación:
Compresor de baja AS30	Compresor AS 30	KAESER	AS 30	2011	1127	Cuarto de equipos de baja

Ítem	Tarea de mantenimiento	Frecuencia	Especialidad	Duración Estimada	Permiso de trabajo	Equipo Parado /Marcha	N°. Cierres actuales	Fecha último MTTO	Horas último MTTO	Fecha Estimada Prox. MTTO	N° Cierres Progr. Prox. MTTO	N° Cierres ó días Faltantes MTTO	Observaciones
1	Inspección Operativa	2 x día	Aux MTTO	2 min	No	M							
2	Limpieza Externa	15 días	Aux MTTO	15 min	No	M							
3	MTTO tipo A	4000 h	Tec. KAESER	60 min	Si	P							
4	MTTO tipo B	8000 h	Tec. KAESER	80 min	Si	P							
5	MTTO tipo C	16000 h	Tec. KAESER	120 min	Si	P							

6	MTTO tipo D	48000 h	Tec. KAESER	180 min	Si	P
7	Cambio de Correa	12000 h	Tec. KAESER	30 min	Si	P
8	Cambio Rodamientos Motor	12000 h	Tec. KAESER	180 min	Si	P

Nota: *Se muestra el plan de mantenimiento propuesto para Compresor de baja KAESER –AS30.* ***Fuente:*** *Autores.*

6.3.6 Fase 6. Evaluación y control de la ejecución del mantenimiento.

Una vez diseñado, planificado y programado el plan de mantenimiento es necesario que este sea evaluado y se controle cualquier desviación que se presente, por lo cual se utilizaran indicadores. Estos indicadores están orientados con los objetivos estratégicos que anteriormente se establecieron, por lo tanto, los indicadores se basan en la disponibilidad, confiabilidad, ciclo de vida y costos de mantenimiento.

Los indicadores propuestos son los siguientes:

- Indicador de disponibilidad de máquinas y de la línea completa.
- Indicador de tiempo medio entre fallas (MTBF) por máquina y de la línea completa.
- Indicador de tiempo medio para reparar (MTTR) por máquina y de la línea completa.
- Tiempos muertos por mantenimientos no programados en máquina.
- Eficacia del cumplimiento del cronograma de mantenimiento mensual de las máquinas.
- Costos de no producción por tiempos muertos por mantenimientos no programados.
- Inversión por máquinas en mantenimientos preventivos y correctivos.

6.3.7 Fase 7. Análisis del ciclo de vida.

Es muy importante hacer un análisis del ciclo de vida, de los equipos que conforman la línea de extrusión-soplado de la compañía, en la cual se de identifican todos los costos relacionados a producción, mantenimientos, operación, los costos de adquisición de los equipos entre muchos más, con la finalidad de tomar decisiones sobre el reemplazo de los quipos o si estos todavía son rentables para la empresa, este análisis se requiere que se realice anualmente por el coordinador de mantenimiento apoyado por su grupo de trabajo y la gerencia general.

6.3.8 Fase 8. Implantación del proceso de mejora continua.

Se establecerá plan de formación anual del equipo de mantenimiento, en donde se enfoque un reentrenamiento en las operaciones a realizar dentro del proceso de mantenimiento, acompañado por los fabricantes de los equipos en donde se realizarán seguimientos constantes de esta formación. Es de vital importancia establecer este entrenamiento para todo el personal nuevo que ingrese al área de mantenimiento con evaluaciones periódicas de conocimiento y prácticas de análisis de fallas, dentro de esta formación se evaluarán las fallas frecuentes y sus soluciones adecuadas para disminución de los tiempos de reparación. Adicionalmente se evaluará dentro de su desempeño la optimización de recursos y manejo de sus áreas de trabajo en donde se implementará la formación de las 5s (clasificar, Organizar, Limpiar, Mantener y autodisciplina) las cuales deben ser aplicadas por todo el personal de la compañía.

7 Impactos alcanzados y esperados

7.1 Impactos alcanzados

Los impactos alcanzados en la presente propuesta de plan de mantenimiento para la línea de extrusión y soplado de la empresa polimérica SAS son:

- Una vez revisado el plan de mantenimiento y efectuado el análisis de criticidad se evaluó la capacidad del área técnica de mantenimiento en donde se determinó la necesidad de formación y capacitación por los fabricantes de los equipos.
- Dentro del análisis de la información recopilada y las situaciones que ocurren dentro de la línea de extrusión y soplado se determinó la necesidad de personal de mantenimiento para el horario nocturno reduciendo el riesgo de tener que

inhabilitar línea y evitando la manipulación inadecuada de los equipos que la componen.

- Establecer las rutinas de mantenimiento reduciendo el riesgo de paros inesperados del equipo,
- Se establecen los formatos de actividades de mantenimiento preventivo y se garantiza la disponibilidad de los repuestos necesarios para las fallas frecuentes.
- Dentro de los planes de mantenimiento se establecen los determinados por fabricante y los que se establecieron basados en la experiencia del personal de mantenimiento.

7.2 Impactos esperados

La implementación del plan de mantenimiento para la línea de extrusión y soplado para la empresa polimérica SAS busca evitar pérdidas en la línea de producción, pérdidas de tiempos de paro de la línea de producción y lograr tener una línea altamente eficiente.

Adicional se busca tener total confianza por la compañía de sus activos que implementan la línea de producción de una manera planificada y estructurada generar los mantenimientos adecuados y con los tiempos esperados para lograr la mayor disponibilidad de los equipos, después de tener una línea confiable se puede cumplir con las promesas de la compañía de todos sus clientes aumentando confianza y garantizando la fidelidad de todo su círculo de demanda de producto.

Definiendo el plan de mantenimiento se quiere aumentar la vida útil de los equipos y mejorar dentro de la compañía la confianza de los mantenimientos ejecutados con datos y análisis adecuados para poder tomar decisiones dentro del área de mantenimiento en los momentos precisos.

7.3 Discusión

La propuesta de mantenimiento preventivo en la línea de extrusión y soplado genera para los miembros de mantenimiento rechazo por la nueva metodología planteada, en donde se están realizando actividades basadas en procesos establecidos en la compañía durante años. buscando que el área tenga una adaptación al cambio adecuado y se concentre en los beneficios que se alcanzarán con el planteamiento de plan de mantenimiento para la línea se tiene que entrar en la propuesta para la gerencia donde se requiere una inversión y se quiere tener un retorno de la inversión adecuado, la compañía está dispuesta a tener una inversión donde los resultados satisfagan las necesidades de los clientes logrando fidelización y la mejor opción dentro de los mercados.

8 Análisis financiero

8.1 Costo de implementación /Inversión

Para la implementación del plan de mantenimiento de la línea de extrusión y soplado se establecen los siguientes costos.

Tabla 13.
Costos de implementación

Costo de implementar el plan de mantenimiento anual	$ 10.400.000
Mantenimiento preventivo general a los equipos de línea de extrusión-soplado anual.	$ 6.000.000
Compra e instalación de horómetros y contadores de ciclo	$ 400.000
Capacitación anual del personal de mantenimiento	$ 4.000.000

Nota: *Tabla de inversión anual en mantenimiento, propuesta para la disminuir los tiempos de paradas.* **Fuente**: Autores

Como se ha dicho anteriormente, las máquinas y equipos requieren la instalación de unos dispositivos que midan el tiempo de trabajo, para llevar un mejor control en las frecuencias de

mantenimiento, se proponen la implementación de horómetros y contadores de ciclos en estos, por otra parte, se propone realizar capacitación anual del equipo de mantenimiento en temas relacionados a técnicas de mantenimiento preventivas y como realizar un buen mantenimiento a los distintos sistemas, por último, anualmente se realizara un mantenimiento general a cada uno de los equipos que conforman la línea de extrusión soplado de la compañía.

8.2 Utilidad Esperada

Dentro de la línea de extrusión soplado, con la implementación del plan de mantenimiento se busca tener una mayor disponibilidad de esta, por lo que se espera que el primer año que esta esté en funcionamiento, los tiempos por paradas no programadas debido a fallas en los equipos es de 250 horas (impacto económico de $ 64.432.989), que es el tiempo promedio que la línea de extrusión soplado está durando detenida en una año, pasen a 100 horas por año (impacto económico de $ 25.773.195), lo que implica una reducción del 60% de paradas por mantenimiento correctivos, lo cual se refleja en un ahorro de $ 38.659.794.

Al finalizar el año, se tiene que realizar un análisis del impacto financiero de este plan, para ver si cumplió con las expectativas y si es así, plantear una nueva meta para el año siguiente en la reducción de costos por no producción, debido a paradas no programadas.

8.3 Retorno de la Inversión

Utilizando los valores encontrados en los puntos anteriores se calculó el indicador de ROI, el cual se define de la siguiente manera:

$$ROI = \frac{(Ingresos\ generados - Inversión\ realizada)}{(Inversión\ realizada)}$$

Donde:

- Ingresos generados: $ 38.659.794.
- Inversión realizada: $ 10.400.000

Así

$$ROI = \frac{(38.659.794 - 10.400.000)}{(10.400.000)}$$

$$\boldsymbol{ROI = 2.71}$$

Lo cual quiere decir, que la compañía después de realizar la inversión en la implementación del plan de mantenimiento tendrá un retorno positivo en capital y aparte de esto tendrá un aumento en la producción de la línea de extrusión soplado, lo que implica que le cumplirá en un menor tiempo con productos a sus clientes.

9 Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

Al finalizar el proyecto de investigación de la línea de extrusión y soplado de la empresa polimérica SAS y generar la propuesta de mantenimiento preventivo se puede concluir:

- Se presenta la propuesta de plan de mantenimiento a la compañía, en donde se refuerza fuertemente la necesidad de implementarlo ya que permitirá establecer rutinas constantes de diagnóstico preventivo sobre la línea de extrusión-soplado
- El manejo de indicadores claros y establecidos dentro del plan estratégico de la compañía permitirá reforzar el crecimiento en el mercado.

- Con la investigación realizada se reafirma el papel que tiene el área de mantenimiento dentro de la empresa para lograr los mejores resultados satisfaciendo las necesidades del cliente interno y externo cumpliendo con los tiempos y calidad establecida.

9.2 Recomendaciones

Se recomienda a la compañía que en la compra de nuevos equipos se realice la negociación de capacitación al equipo de mantenimiento de la nueva tecnología a utilizar al igual que garanticen la disponibilidad de los repuestos de mantenimiento así se logra la mayor vida útil del equipo y su disponibilidad en el proceso de producción.

Cuando se tienen equipos de trabajo sin procesos determinados y se basa en la experiencia de estos para establecer las tareas dentro de las áreas de mantenimiento se puede aumentar el margen de error y se tiene como consecuencia la no corrección de fallas de manera adecuada por lo cual se recomienda seguir los manuales de fabricación de los equipos los cuales establecen rutinas y procedimientos correctos para el adecuado funcionamiento de los equipos.

Establecer manuales de procesos y diagramas de procedimientos sobre cada una de las líneas transversales de producción, distribución y logística en busca de optimizar toda la cadena de producción del producto y entrega final.

Si se toma como referencia esta investigación se recomienda que al inicio del proceso de investigación se analice con claridad la problemática a solucionar, debido que de esta depende el desarrollo de la investigación.

10 Bibliografía

Altman, C. (2005). *El análisis de aceite como herramienta del mantenimiento proactivo de flotas de maquinaria pesada. Gestión de activos y confiabilidad. I Congreso de Mantenimiento*, Montevideo, Uruguay.

Bajaras, L. & Restrepo, M. (1995). *Plan y Manual Integral de Mantenimiento Preventivo para una Máquina Extrusora*. Bogotá: Corporación Universitaria Autónoma de Occidente

CEN. (2016). *Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural – recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos (ISO 14224:2016).* ESTÁNDAR BRITÁNICO: BSI Standards Limited 2016.

Coy, J. (2010). *Diseño de un Programa de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria y Mejora del Sistema de Extracción de Vapores Inflamables en la Empresa Transproductos, S.A.* Guatemala, Universidad de San Carlos

Chocoy, J. (2019). *Gestión de Mantenimiento Preventivo Empleando Ultrasonido Para Cañón y Husillo de Empuje de Máquina Extrusora De Polímeros, Según Iso 17359.* Guatemala, Universidad de San Carlos

Crespo, M. (2007). The maintenance management framework. Models and methods for complex systems maintenance. London: Springer Verlag.

Cubides, F. (2018). *Plan de Mantenimiento Integral para las Extrusoras de Plástico en las Pequeñas y Medianas Empresas de Bogotá*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Garay, J. (2018). *Análisis para Elaborar un Plan de Mantenimiento Preventivo en el Área de Producción de la Empresa Plásticos Internacionales Plasinca C.A.* Guayaquil - Ecuador, Universidad de Guayaquil

García, S. (8 de 11 de 2021). *RENOVETEC*. Obtenido de http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento

Gestión de Compras. (1 de 12 de 2021). *Gestión de Compras. Industrial sourcing.* Obtenido de Gestión de Compras. Industrial sourcing: https://www.gestiondecompras.com/files/products/plastic_parts/moldeo_soplado.pdf

Hernández, Y. (2016). *Sistema de Mantenimiento para la Línea de Extrusión de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) en Holplast.* Cuba, Universidad de Holguín

ICONTEC. (1999). *Guia Tecnica Colombiana 62.* . Bogota.

Jiménez, C. (2021). *Optimización del Plan de Mantenimiento Preventivo para Moldes de Inyección de Preforma en Iberplast S.A.S*. Bogotá: Universidad de las Américas.

López, H. (2017). *Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para el Mejor Funcionamiento de las Líneas de Extrusión de la Empresa T&T Ingeniería y Construcción S.A.* Perú, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur

Mantenimiento Planificado. (1 de 12 de 2021). *Mantenimiento Planificado*. Obtenido de Mantenimiento Planificado: http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf

Martínez, S. (2006). *Plan de Mantenimiento Preventivo Aplicado a la Empresa Industrias Plásticas del Norte LTDA.* Bolívar-Cartagena, Universidad Tecnológica de Bolívar

Navarro, E., Pastor, A., & Mugaburu, J. (1997). Gestión integral del mantenimiento. Barcelona: Marcombo.

Parra, C., & Crespo, A. (2015). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. Segunda Edición.* España: INGEMAN.

Quimis, X. (2003). *Mejoramiento de la Productividad Implementando Plan de Mantenimiento Preventivo en Plástico Josa.* Guayaquil - Ecuador, Universidad de Guayaquil

Rodríguez, R. (2007). *Estudio de la Planificación de la Calidad del Proceso de Soplado en una Empresa de Envases Plásticos.* Caracas-Venezuela, Universidad Católica Andrés Bello

Salazar, F. (2020). *Diseño e implementación del sistema de control para el arranque de tres compresores de tornillo, de la red de aire comprimido de la empresa INPLASTICO, en la ciudad de Latacunga.* Guayaquil - Ecuador, Universidad de Fuerzas Armadas de Guayaquil

Tapia, M. (2001). *Diseño de Plan de Mantenimiento Predictivo para la Línea de Producción Extrusión - Bolsas Plásticas en la Empresa Kalusin Importing Company (Kico S.A).* Bolívar-Cartagena, Universidad Tecnológica De Bolívar

Tecnología de los Plásticos . (01 de 12 de 2021). *Tecnología de los Plásticos.* Obtenido de Tecnología de los Plásticos: https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/03/extrusion-soplado.html

Universidad ECCI. (2016). *Clasificación de los tipos de investigación.* Bogotá: Guía metodológica.

Valdés, J. & San Martín, E. (2009). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo-Predictivo Aplicado a los Equipos de la Empresa Remaplast.* Cartagena, Universidad de Cartagena.

Valiente, J. & Orozco, F. (2006). *Plan de Mantenimiento Preventivo a la Empresa New Polimer Ltda.* Bolívar-Cartagena, Universidad Tecnológica de Bolívar

ANEXOS

ANEXO 1. Listado de máquinas y equipos de los procesos productivos de Polimérica SAS.

INVENTARIO DE MAQUINAS Y EQUIPOS DE POLIMERICA SAS							
MAQUINAS DE PRODUCCIÓN							
ITEM	TIPO	CODIGO	MARCA	MODELO	AÑO	SERIAL	DESCRIPCION
1	Maquina de soplado convencional N°2	SC. N° 2	CHIAMING	CM-65DV	2005	5022	Maquina para fabricar envases plásticos por el proceso de extrusion-sopaldo, para volúmenes entre 800 y5000 m; en los materiales: PP y PEDA
2	Maquina de soplado convencional N°3	SC. N° 3	CHIAMING	CM-46S	2003	3043	Maquina para fabricar envases plásticos por el proceso de extrusion-sopaldo, para volúmenes entre 60 y 2000 ml.
3	Maquina automática de estiro soplado PET 3	PET. N°3	CHIAMING	CMA2000	2011	11011	maquina automática que se utiliza para la fabricación de envases plásticos, por el proceso de estiro-soplado de preformas en PET, para volúmenes de 200 a 1500ml con un rendimiento de 1000 a 1400 envases por hora.
4	Maquina automática de estiro soplado PET 4	PET. N°4	SMF	HS-3000	2012	711	Se utiliza para la fabricación de envases plásticos, por el proceso de estiro-soplado de preformas en PET, para volúmenes de 250 a 2500ml con un rendimiento de 1000 a 3200 envases por hora.
5	Maquina semiautomática de estiro soplado PET 5	PET. N°5	ZHEJIANG	HZ-880	2014	140329	Maquina semiautomática que se utiliza para la fabricación de envases plásticos, por el proceso de estiro-soplado de preformas en PET, para volúmenes de 100 a 5000ml con un rendimiento de 700 a 1200 envases por hora.
6	Maquina semiautomática de estiro soplado PET 6	PET. N°6		LS-B5L	2019		Maquina semiautomática que se utiliza para la fabricación de envases plásticos, por el proceso de estiro-soplado de preformas en PET, para volúmenes de 1000 a 5000ml con un rendimiento de 700 a 1000 envases por hora.
7	Maquina Tampografía	Tampografía	HENGXIN	2015HXDG512	-		Maquina utilizada para imprimir imágenes con tintas en tapas de envases plásticos, con una capacidad de impresión de 4500 tapas por hora
8	Túnel termo encogido a vapor	Túnel a vapor	VERPACKEN	4040	2009		Túnel de termo encogido de fajillas para envases plásticos, utilizando vapor de agua.
9	Túnel termo encogido por temperatura	Túnel seco	KM	MKMT1538V	2014	162	Túnel de termo encogido de fajillas para envases plásticos, utilizando resistencias eléctricas en seco.

EQUIPOS PERIFERICOS							
ITEM	TIPO	CODIGO	MARCA	MODELO	AÑO	SERIAL	DESCRIPCION
1	Molino W 500	Molino W 500	WENSUI	WS6Y-500	2010	690852	Molino triturador de materiales plásticos con una capacidad de 300 a 400 kg/h
2	Molino 150	Molino 150	WENSUI	WSGI-150	2013		
3	Mezclador viejo	Mezclador	Ing. Rojas	TI	2003		Mezclador de 120kg
4	Mezclador nuevo	MZN	SMANI ELECTRICA	SSB-100	2019	190422S070A003	Mezclador de 100kg
5	Chiller 5T m1. para maquinas de SC N°2 y 3	Chiller 5T m1	TAFRICO	SCROLL DE 7.5 HP	2013		Equipo para enfriamiento de agua con una capacidad de 5T
6	Chiller 5T m2. para refrigerar moldes	Chiller 5T m2	TAFRICO	SCROLL DE 7.5 HP	2013		Equipo para enfriamiento de agua con una capacidad de 5T
7	Chiller 5T m3. para refrigerar moldes	Chiller 5T m3	TAFRICO	SCROLL DE 7.5 HP	2013		Equipo para enfriamiento de agua con una capacidad de 5T
8	Chiller para refrigerar aceites N°1	Chiller A1	IMO-CHILLER	IMO60CBNR-3	2003	03041M917899	Equipo para enfriamiento de agua con una capacidad de 7T
9	Chiller para refrigerar aceites N°2	Chiller A2	IMO-CHILLER	IMO60CBR-3	2003	03021M971897	Equipo para enfriamiento de agua con una capacidad de 7T
10	Chiller PET 3	Chiller PET 3	CHIAMING		2012		Equipo para enfriamiento de agua con una capacidad de 5T
11	Chiller PET 4	Chiller PET 4	SMF	MT-4A	2012	538	Equipo para enfriamiento de agua con una capacidad de 5T
12	Compresor de alta BOOSTER N351G	BOOSTER N351G	KAESER	N351-G	2014	1064	Compresor de aire de alta presión con una capacidad nominal de 87CFM a 400psi de salida
13	Compresor de alta BOOSTER N253G	BOOSTER N253G	KAESER	N253-G	2011		Compresor de aire de alta presión con una capacidad nominal de 52CFM a 360psi de salida
14	Compresor de alta BOOSTER N251G	BOOSTER N251G	KAESER	251-G	2002		Equipo no operativo
15	Compresor de baja AS 30	Compresor AS 30	KAESER	AS 30	2011	1527	Compresor de aire de baja presión, con una capacidad nominal de 124CFM el cual proporciona aire entre 110 y 130 psi.
16	Compresor de baja AT 26	Compresor AT 26	KAESER	AIRTOWER 26	2002	1030	Compresor de aire de baja presión, con una capacidad nominal de 90CFM el cual proporciona aire entre 110 y 120 psi.
17	Compresor de baja BSD 50T	Compresor BSD 50T	KAESER	BSD 50T	2013	1282	Compresor de aire de baja presión con secador integrado, con una capacidad nominal de 236CFM el cual proporciona aire entre 110 y 130 psi.
18	Secador de alta conectado al BOOSTER N351G	Secador B. N351G	KAESER	HT-0.5-725	2011	1000002892363	Equipo secador de aire de alta presión, con una capacidad nominal de 130SCMF a 725PSI y 100°C
19	Secador de alta conectado al BOOSTER N253G	Secador B. N253G	KAESER	HT-0.5-725	2011	RK030165AA3A2NL10032	Equipo secador de aire de alta presión, con una capacidad nominal de 165SCMF a 725PSI y 100°C
20	Secador de baja conectado al compresor de baja AT 26	Secador AT 26	KAESER	TCH35	2010	1237	Equipo secador de aire de alta presión, con una capacidad nominal de 123SCMF a 725PSI y 100°C
21	Filtro eliminador de aceites KOR 60	Filtro KOR 60	KAESER	KOR 60			Filtro eliminador de aceites
22	Filtro eliminador de partículas KPF 60	Filtro KPF 60	KAESER	KPF 60			Filtro eliminador de partículas
23	Filtro eliminador de partículas KPF 170	Filtro KPF 170	KAESER	KPF 170			Filtro eliminador de partículas
24	Tanque auxiliar de baja	T. Aux. baja	ACETANQUES	120	2003		Tanque de almacenamiento de aire de baja presión con una capacidad de Cap. 100 Gx 150 psi
25	Tanque pulmón de baja	T.P. baja 1	ACETANQUES	300	2003		Tanque de almacenamiento de aire de baja presión con una capacidad de Cap. 300 Gx 500 psi
26	Tanque de pulmón de alta	T.P. alta 1	ACETANQUES	500	2003		Tanque de almacenamiento de aire de baja presión con una capacidad de Cap. 300 Gx 250 psi
27	Tanque pulmón de baja	T.P. baja 2	KAESER	1000L	2013	581438	Tanque de almacenamiento de aire de baja presión con una capacidad de 1000Lx 160 psi
28	Tanque de pulmón de alta	T.P. alta 2	KAESER	3.5752.1	2013	K638301220	Tanque de almacenamiento de aire de baja presión con una capacidad de 500Lx 500 psi
29	Moto bomba de refrigeración de aceites PEDROLLO	Bomba PEDROLLO	PEDROLLO	2CP 32/200B	2006	B	Moto bomba con una capacidad nominal de Q= 40 a 250 l/min - H=81 a 49 m
30	Moto bomba de refrigeración de moldes NOWA	Bomba NOWA	NOWA	4016	2003	CO_030436125	Moto bomba con una capacidad nominal de Q= 3600 l/min - H=44 m
31	Alimentador con tolva receptora		Shini	Sal-800GP	2015		
32	Alimentador con tolva receptora		Shini	Sal-800GP	2015		
33	Desumificador		Shini				
34							

ANEXO 2. Ficha técnica Máquina de soplado convencional -CHIAMING CM -65DV.

POLIMERICA

F-18 HOJA DE VIDA DE EQUIPOS

VERSION	
PAGINAS	

Nombre:	
Maquina de soplado convencional N° 2	
Descripción	
Maquina para fabricar envases plasticos por el proceso de extrusion-sopaldo, para volumenes entre 800 y 5000 m; en los materiales: PP y PEAD.	
Código:	SC. N°2
Marca:	CHIA MING
Modelo:	CM-65DV
Año:	2003
Serial:	5022
Fecha de adquisición:	25/06/1905
Ubicación:	Zona de extrusión-soplado
Generalidades	220 V/3 fases/60 Hz/22.5 HP

Datos del Proveedor		Distancia entre centros de cabezal o moldes (mm)	Capacidad minima	Capacidad maxima
Fabricante y lugar de origen:	Chia Ming Machinery co. Ltd/Taiwán	0	800 - 5.000 ml	148-150 mm
Nombre del proveedor:	Polyprint			

Componentes o instrumentos principales

Sistemas principales	Funcion	Subsistemas	Caracteristicas
Extrusora	Transmitir el par torsor, para mover el tornillo	Motor eléctrico	Sanchih L-S 631022 de 15Hp, 220v y 38Amp
		Sistema de transmisión	5 correas en V; Ref. B-90
		Caja reductora	Lubricación con aceite OMALA 220 por salpique, 5 gal
Sistema Hidraulico	Enviar aceite a una determinada presion a los actuadores, para que estos: abran, cierren o trasladen el carro porta moldes.	Bomba hidraulica principal (BHP) Bomba hidraulica auxiliar (BHA)	27
		Motor electrico BHP Motor electrico BHA	29
		Aceite hidraulico	Shell Tellus S2 M46 por 55gal.
Sistema Neumatico	Enviar aire a una determinada presion a las cavidades del molde, para que asi se forme el producto, asi como tambien accionar el	Cilindro de cuchilla	35
		Valvula reguladora de presion de soplado	37

ANEXO 3. Ficha técnica Compresor de baja KAESER –AS30.

POLIMERICA	F-18 HOJA DE VIDA DE EQUIPOS	VERSION
		PAGINAS

Nombre:	
Compresor de baja AS 30	
Descripción	
Compresor de aire de baja presion, el cual proporciona aire entre 110 y 130 psi.	
Código:	Compresor AS 30
Marca:	KAESER
Modelo:	AS 30
Año:	2010
Serial:	1527
Fecha de adquisición:	11/10/2010
Ubicación:	anta de compresores de baja y chi
Generalidades	220 V/3 fases/60 Hz/30 HP

Datos del Proveedor		Distancia entre centros de cabezal o moldes (mm)	Capacidad minima	Capacidad maxima
Fabricante y lugar de origen:	KAESER/ ALEMANIA	91X120X145 CM	124CFM	N.A
Nombre del proveedor:	KAESER			

ANEXO 4. Ficha técnica Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5

POLIMERICA POLIMEROS EN EVOLUCION	F-18 HOJA DE VIDA DE EQUIPOS	VERSION
		PAGINAS

Nombre:	
Chiller 5T m1. para maquinas de SC N° 2 y 3	
Descripción	
Chiller de refrigeracion de agua, el cual se utiliza para refrigerar el aceite hidraulico y los moldes de las maquinas, cuenta con un sistema de refrigeracion de 5T.	
Código:	Chiller 5T m1
Marca:	TAFRICO
Modelo:	SCROLL DE 7.5 HP
Año:	2013
Serial:	S2313K03254
Fecha de adquisición:	10/09/2013
Ubicación:	Zona de extrusión-soplado
Generalidades	220 V/3 fases/60 Hz/7,5 HP

Datos del Proveedor		Dimenciones del equipo	Capacidad	Caracteristicas de los
Fabricante y lugar de origen:	BOGOTA/COLOMBIA	0	5 T	N.A
Nombre del proveedor:	TAFRICO			

ANEXO 5. Histórico de fallas de la Máquina de soplado convencional -CHIAMING CM - 65DV.

Ítem	Tarea a realizar	Tiempo Parada	Fecha que se realizo el MTTO	Tipo de mantenimiento	Repuestos	Precio
1	Cambio de dos graseras	1	20/01/2020	Correctivo	2 graseras	$ 4.000
2	Extracción de tres tornillos partidos y rectificación de rosca en el, soporte de las cuchillas de corte	3,5	9/01/2020	Correctivo	N.A	$ 0
3	Cambio de empaquetadura del cilindro de desplazamiento del molde	8	3/02/2020	Correctivo	Kit de empaques	$ 120.000
4	Cambio de cable de resistencia de boquilla del cabezal y fusible	0,4	8/03/2020	Correctivo	Fusible	$ 2.500
5	Instalación de cable para señal del micro que acciona el cierre del molde	3,4	13/03/2020	Correctivo	16 mts de cable 10wag	$ 9.000
6	Reparación de corto eléctrico en zona temperatura de boquillas	2	13/03/2020	Correctivo	N.A	$ 0
7	Cambio de termocupla del cabezal	3,5	2/03/2020	Correctivo	una termocupla tipo J	$ 20.000
8	Cambio de manguera de refrigeración de cabezal	3,5	2/03/2020	Correctivo	Un metro de manguera tubin # 12	$ 6.000
9	Cambio de 2 correas	3,5	2/03/2020	Correctivo	2 correas B97	$ 56.000
10	Cambio de manguera de refrigeración de molde	0,75	27/03/2020	Correctivo	3m, manguera 3/4"	$ 15.000
11	Reparación de cilindro de corte caliente	1	7/04/2020	Correctivo	Mano de obra externa	$ 80.000
12	Cambio de correa	1	26/05/2020	Correctivo	1 Correa B97	$ 28.000
13	Cambio de manómetro de entrada de aire	0,4	26/05/2020	Correctivo	Manómetro de 150psi de 1/8"	$ 32.000
14	Cambio de manguera de 3/4 de refrigeración de moldes	0,4	26/05/2020	Correctivo	3 metros de manguera de 3/4	$ 15.000
15	Desmontaje de cilindro de las cuchillas	1,5	28/05/2020	Correctivo	Kit de empaquetadura	$ 40.000
16	Cambio de regulador de aire de soplado	2	4/06/2020	Correctivo	Regulador mini 1/4;Check antirretorno 174; escape rápido, silenciador 1/4; 2 racor recto # 10 de 1/4	$ 443.172
17	Reparación de cuchilla de corte	1	5/06/2020	Correctivo	2 Control de flujo en línea; cilindro neumático; guarda, guías	$ 773.500
18	Limpieza externa e interna por manguera de agua rota	1	6/06/2020	Correctivo	Manguera	$ 35.000
19	Cambio de las mangueras de entrada de moldes	0,45	6/06/2020	Correctivo	10 metros de manguera de 3/4	$ 70.000
20	Cambio de empaquetadura del cilindro del pin	9,75	19/10/2020	Correctivo	Kit de empaquetadura	$ 150.000
21	Cambio de empaquetadura del cilindro de plataforma	9,75	19/10/2020	Correctivo	Kit de empaquetadura	$ 120.000
22	Cambio de empaquetadura del sistema de frenos	9,75	19/10/2020	Correctivo	Kit de empaquetadura	$ 35.000
23	Embobinado de transformador de cuchillas	24	9/12/2020	Correctivo	Bobinado	$ 350.000
24	Instalación de tarjeta que contrala las electroválvulas	264	21/01/2021	Correctivo	Mano de obra externa	$ 150.000
25	Cambio de empaquetadura del pin de soplado	3,75	13/02/2021	Correctivo	Kit de empaquetadura	$ 100.000
26	Cambio de rodamientos del sistema de frenado y empaquetadura	3	1/02/2021	Correctivo	4 Rodamientos y 1 polypac y barredor	$ 48.000
27	Cambio de correa B97	0,45	17/03/2021	Correctivo	CORREA SC2 - B-97	$ 38.350
28	Desmonte, limpieza y engrase de tronillo sin fin de cabeceo	2,5	17/03/2021	Correctivo	Grasa	$ 5.000
29	Se corrige rosca de gatos mecánicos de cabeceo	9	12/06/2021	Correctivo	Rectificación de rosca	$ 60.000
	Total	374,25			Total	$ 3.765.523

ANEXO 6. Histórico de falla del equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5

Ítem	Tarea a realizar	Tiempo Parada	Fecha que se realizo el MTTO	Tipo de mantenimiento	Repuestos	Precio
1	Cambio de contactor	2:00	23/11/2020	Correctivo	relé térmico y contactor de 25A	$ 90.000
2	Cambio de relé térmico	2:00	23/11/2020	Correctivo	N.A	$ 0
3	Cambio de refrigerante a R407	1:00	15/12/2020	Correctivo	1 Cilindro refrigerante	$ 583.000
4	Cambio de presostato	1:00	15/12/2020	Correctivo	Presostato Danfoss dual	$ 318.920
5	Cambio de filtro	1:00	15/12/2020	Correctivo	Filtro de liquido Frare	$ 85.680
6	Cambio de aceite	1:00	15/12/2020	Correctivo	Aceite RL-32	$ 567.630
7	Materiales y accesorios	0:00	15/12/2020	Correctivo	Materiales	$ 386.750
8	Cambio de válvula de baja	1:30	12/05/2021	Correctivo	válvula de bola Danfoss de 7/8	$ 164.220
9	Cambio de válvula de alta	1:10	12/05/2021	Correctivo	válvula de bola Danfoss de 1 1/8	$ 267.750
10	Cambio de filtro	0:50	12/05/2021	Correctivo	Filtro secador de soldar de 578	$ 105.910
11	Cambio de válvula de expansión	1:20	12/05/2021	Correctivo	Válvula de expansión termostática 7 1/2 TR	$ 452.200
12	Suministro de refrigerante 407C	0:30	12/05/2021	Correctivo	Cilindro de refrigeración R407C	$ 583.100
13	Instalación de eliminador de vibración	0:50	12/05/2021	Correctivo	Eliminador de vibración de 7/8	$ 160.650
14	Mano de obra	0:00	12/05/2021	Correctivo	N.A	$ 1.428.000
	Total	14:10			Total	$ 5.213.810

ANEXO 7. Rutinas de mantenimiento de compresores KAESER

Rutinas De Mantenimiento Compresores de baja			
Mantenimiento tipo A	**Mantenimiento tipo B**	**Mantenimiento tipo C**	**Mantenimiento tipo D**
Cambio de esterilla de refrigeración de aire	Cambio de esterilla de refrigeración de aire	Cambio de esterilla de refrigeración de aire	Cambio de esterilla de refrigeración de aire
Cambio de esterilla gabinete eléctrico	Cambio de esterilla gabinete eléctrico	Cambio de esterilla gabinete eléctrico	Cambio de esterilla gabinete eléctrico
Cambio del filtro de aceite	Cambio del filtro de aceite	Cambio del filtro de aceite	Cambio del filtro de aceite
Cambio de elemento filtrante de aire	Cambio de elemento filtrante de aire	Cambio de elemento filtrante de aire	Cambio de elemento filtrante de aire
	Cambio de cartucho separador de aceite	Cambio de cartucho separador de aceite	Cambio de cartucho separador de aceite
	Cambio de aceite SIGMA FLUID S-460	Cambio de aceite SIGMA FLUID S-460	Cambio de aceite SIGMA FLUID S-460
		Correas de accionamiento	Correas de accionamiento
		Kit mtto. Válvula presión mínima	Kit mtto. Válvula presión mínima
		Kit mtto. Válvula presión	Kit mtto. Válvula presión
		Kit mtto. Válvula presión Combinada	Kit mtto. Válvula presión Combinada
		Kit mtto. Válvula presión Despresurización	Kit mtto. Válvula presión Despresurización
			Kit Conducto de control
4000 Horas	**8000 Horas**	**16000 Horas**	**48000 Horas**