

**Propuesta De Modelo De Plan De Gestión De Proyectos De Mantenimiento Preventivo De
La Maquinaria Utilizada En La Empresa Sunher Royal S.A.S Mediante La Metodología
PMI.**

Juan Sebastián Mateus Cubides

Asesor

Oscar Alejandro Vásquez Bernal

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Maestría en Gerencia de Proyectos

Bogotá D.C. Colombia

2022

Dedicatoria

A mis padres, por formarme como persona con su ejemplo y educación y por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida.

A mi hermana, por todo lo que ha contribuido a mi formación personal.

Resumen

Sunher Royal SAS es una empresa que participa en el mercado de la construcción cuyo objeto social es la fabricación de ventanas de plástico PVC y aluminio. La empresa cuenta con más de 15 años de experiencia en el mercado, distinguiéndose por la calidad de sus productos.

Actualmente, existen inconvenientes en cuanto a los tiempos de entrega debido a paradas inesperadas de los equipos utilizados en la producción, lo que se traduce en pérdida de dinero y de clientes.

La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo y los equipos solo son revisados por un técnico cuando presentan un daño. Para acortar el tiempo de espera para la reparación de maquinaria, es necesario desarrollar un plan de mantenimiento que minimice las interrupciones y mejore la productividad mientras mantiene las máquinas en óptimas condiciones de funcionamiento.

El propósito de este proyecto es proponer un plan de gestión de mantenimiento mediante la guía de la gerencia de proyectos PMI en la empresa Sunher Royal S.A.S. En él se plantean las actividades, fases y herramientas que se deben utilizar para lograr gestionar de manera correcta el proyecto de plan de mantenimiento que se quiere implementar. Se tuvo en cuenta las variables de tiempo, costo y calidad así como la metodología propuesta por PMI presentada en PMBOK.

Palabras clave: análisis del valor ganado, gerencia de proyectos, gestión de calidad, mantenimiento, PMBOK, gráfico de Gantt.

Abstract

Sunher Royal SAS is a company that participates in the construction market whose corporate purpose is the manufacture of PVC plastic and aluminum windows. The company has more than 15 years of experience in the market, standing out for the quality of its products.

Currently, there are inconveniences in terms of delivery times due to unexpected stops of the equipment used in production, which translates into loss of money and customers.

The company does not have a preventive maintenance plan and the equipment is only checked by a technician when it shows damage. To shorten the lead time for machinery repair, you need to develop a maintenance plan that minimizes downtime and improves productivity while keeping machines in top operating condition.

The purpose of this project is to propose a maintenance management plan through the guidance of PMI project management in the company Sunher Royal S.A.S. It outlines the activities, phases and tools that must be used to correctly manage the maintenance plan project that is to be implemented. The variables of time, cost and quality were taken into account, as well as the methodology proposed by PMI presented in PMBOK.

Keywords: earned value analysis, Gantt chart, maintenance plan, project management, quality management, PMBOK.

Contenido

Introducción	12
Planteamiento del problema.....	13
Justificación	14
Alcance, limitaciones y viabilidad para la ejecución del proyecto	15
Alcance	15
Limitaciones.....	15
Viabilidad Técnica	15
Viabilidad Económica.....	16
Viabilidad Temporal	16
Objetivos	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos.....	17
Marco referencial	18
Antecedentes	18
Marco histórico	19
Historia en Sunher Royal	19
Historia de la gestión de proyectos	20
Marco Conceptual.....	21
Marco Teórico.....	22
Marco geográfico	26
Metodología	28
Tipo de Investigación.....	28

	6
Fases del proyecto.....	28
Fase 1 Diagnóstico.....	28
Fase 2 Planeación.....	29
Fase 3 Ejecución.....	30
Herramientas y Técnicas.....	30
Diagnóstico Inicial.....	31
Plan de Gestión.....	43
Plan de Gestión de Integración del Proyecto.....	52
Acta de Constitución.....	52
Planeación del proyecto.....	57
Plan Gestión del Alcance.....	57
Requerimientos.....	57
EDT/WBS.....	58
Plan de Gestión de Interesados.....	59
Identificación de interesados.....	60
Matriz Interés vs Influencia.....	61
Plan de Gestión del Cronograma.....	63
Actividades del proyecto.....	65
Cronograma del Proyecto.....	65
Control del cronograma.....	67
Plan de Gestión de los costos.....	68
Presupuesto del proyecto.....	68
Herramientas de control de costos.....	71

	7
Plan Gestión de la calidad.....	74
Herramientas de control de calidad.....	75
Plan de Gestión de Riesgos.....	76
Identificación de riesgos	77
Análisis de riesgos	79
Planificación respuesta ante riesgos.....	81
Ejecución.....	85
Codificación.....	85
Fichas técnicas	87
Planes de limpieza.....	88
Formato Hoja de Vida.....	88
Planes de mantenimiento preventivos.....	89
Conclusiones.....	93
Bibliografía	95

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Componentes críticos</i>	39
Tabla 2 <i>Metodología para diseñar el cronograma</i>	64
Tabla 3 <i>Tolerancia de desviación del cronograma</i>	67
Tabla 4 <i>Códigos de máquinas</i>	86

Tabla de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación Sunher Royal S.A.S.</i>	26
Figura 2 <i>Layout de la fábrica</i>	31
Figura 3 <i>Cortadora de perfiles</i>	32
Figura 4 <i>Máquina fresadora</i>	32
Figura 5 <i>Máquina de retesteo</i>	33
Figura 6 <i>Máquina soldadora de perfiles</i>	34
Figura 7 <i>Histórico de fallas máquina cortadora en el año 2021</i>	35
Figura 8 <i>Histórico de fallas máquina soldadora en el año 2021</i>	36
Figura 9 <i>Histórico de fallas máquina retestadora en el año 2021</i>	36
Figura 10 <i>Histórico de fallas máquina fresadora en el año 2021</i>	37
Figura 11 <i>Número de fallas totales en 2021</i>	38
Figura 12 <i>Fallas 2020 vs 2021</i>	40
Figura 13 <i>Pareto tipos de falla</i>	40
Figura 14 <i>Procesos en la gestión de proyectos</i>	50
Figura 15 <i>Acta de constitución</i>	53
Figura 16 <i>EDT</i>	59
Figura 17 <i>Interesados del proyecto</i>	60
Figura 18 <i>Matriz Interés vs Influencia</i>	61
Figura 19 <i>Matriz Gestión de Interesados</i>	62
Figura 20 <i>Cronograma del proyecto</i>	66
Figura 21 <i>Costos del proyecto</i>	69
Figura 22 <i>Presupuesto del proyecto</i>	70

	10
Figura 23 <i>Actividades ejecutadas - Análisis del valor ganado</i>	72
Figura 24 <i>Métricas de calidad</i>	74
Figura 25 <i>Diagrama Causa-Efecto</i>	75
Figura 26 <i>Matriz impacto y probabilidad</i>	79
Figura 27 <i>Evaluación de riesgos</i>	80
Figura 28 <i>Codificación</i>	86
Figura 29 <i>Ficha Técnica Soldador PVC</i>	87
Figura 30 <i>Formato Hoja de Vida</i>	88
Figura 31 <i>Mantenimiento preventivo cortadora doble cabezal</i>	89
Figura 32 <i>Mantenimiento preventivo fresadora</i>	90
Figura 33 <i>Mantenimiento preventivo retestadora</i>	90
Figura 34 <i>Mantenimiento preventivo soldadora doble cabezal</i>	91
Figura 35 <i>Fallas Primer Trimestre 2021 vs 2022</i>	92

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Ficha técnica cortadora</i>	98
Apéndice B <i>Ficha técnica retestadora</i>	99
Apéndice C <i>Ficha técnica fresadora</i>	100
Apéndice D <i>Hoja de vida cortadora</i>	101
Apéndice E <i>Hoja de vida retestadora</i>	102
Apéndice F <i>Hoja de vida fresadora</i>	103
Apéndice G <i>Resumen Analítico Especializado (RAE)</i>	104

Introducción

La gestión de mantenimiento de una organización es fundamental para maximizar la utilidad de los bienes y la mantenibilidad de los recursos como maquinaria y equipos, dado que las inversiones realizadas en estos son significativas. El propósito es impedir detrimentos de tiempo y dinero, la maximización de la utilización y eficiencia en su desempeño.

Sunher Royal es una empresa que produce ventanas de aluminio o PVC para la construcción. Tiene más de 15 años de experiencia en el mercado y se destaca de sus competidores por una buena relación calidad-precio, sin embargo, la fábrica tiene problemas de paradas durante la producción por paralización de los equipos, generando pérdidas consecuentes de tiempo y capacidad de producción.

Este proyecto tiene como finalidad proponer un plan de gestión de proyectos de mantenimiento para la empresa, indicando los procedimientos a ejecutar para conseguir su adecuada planificación, ejecución y control mediante el uso de la metodología desarrollada por el *PMI*, que opera diversos instrumentos de gestión de tiempos, costes y calidad.

Planteamiento del problema

Sunher Royal es una empresa que vende ventanas en la industria de la construcción. Cooperera con grandes constructoras y asume proyectos de gran envergadura, que implican la producción de grandes cantidades de ventanas y metros cuadrados.

El tiempo de inactividad inesperado en el proceso de producción provoca retrasos y pérdidas de dinero para la empresa. Las máquinas se usan diariamente en turnos de más de 8 horas y en condiciones de mucha suciedad que contribuyen a un mal rendimiento si no se limpian continuamente.

En la actualidad, la empresa repara y renueva la maquinaria cuando está dañada y deja de funcionar parcial o totalmente. Los trabajadores más antiguos tratan de arreglarlas con el conocimiento de la experiencia, pero a veces eso empeora la situación porque no están capacitados para realizar el tipo de mantenimiento requerido.

Es claro que la empresa no cuenta con un plan de gestión de mantenimiento que incluya el desarrollo, planificación y programación del mantenimiento preventivo y predictivo, junto con el cronograma y frecuencia de realización para cada equipo.

Por lo tanto, la pregunta central de investigación de este proyecto es:

¿De qué forma la metodología PMI podrá aportar en el mejoramiento de la gestión de mantenimiento preventivo en la empresa Sunher Royal SAS?

Justificación

El mercado de la construcción es muy competitivo hoy en día, las constructoras están en continua competencia para construir la mayor cantidad de proyectos en el menor tiempo posible, esta competencia se transmite a los proveedores encargados de brindar los insumos necesarios para la construcción.

Uno de los proveedores principales de las constructoras son las empresas encargadas de fabricar la ventanería de los edificios. Estas compiten continuamente por entregar un producto de calidad en un plazo establecido.

Para destacar sobre las demás compañías se deben crear estrategias que permitan mejorar las líneas de producción en cuanto a calidad, eficacia y eficiencia.

Los fabricantes más grandes del mundo cuentan con equipos de trabajo especializados y máquinas automatizadas que mantienen en perfecto estado, permitiéndoles tener un mejor control de la producción y mejorar los tiempos de la misma.

En este mercado tan competitivo, la empresa que entregue sus productos en el menor tiempo y con una calidad aceptable, es la que se quedará con la mayoría de contratos y, por lo tanto, la que más ganancias generará.

Diseñar una estrategia para planificar, implementar y controlar los proyectos de mantenimiento le brindará a la empresa una guía sobre cómo implementar estos procesos y entregar productos a tiempo y de buena calidad, ayudar a prevenir demoras y aumentar las ganancias.

Alcance, limitaciones y viabilidad para la ejecución del proyecto

Alcance

El alcance de este proyecto se amplía hasta la elaboración de un plan de gestión de proyectos para el diseño de un plan de mantenimiento en la empresa Sunher Royal en donde se detallan diferentes planes de gestión como el de interesados, cronograma, costos y calidad.

Limitaciones

Dado que esta investigación se basa en datos recopilados de informes y registros, se limita a la información contenida en ellos. Los materiales recopilados pueden estar incompletos, inexactos o desactualizados.

El tiempo también es un limitante, pues la recolección de datos que se debe realizar y las entrevistas a los trabajadores de la empresa implican que se tengan que entorpecer algunas de las labores de producción de la planta, por lo que el tiempo con el que se cuenta para realizar dichas actividades es limitado.

La falta de investigaciones previas limita la cantidad de información que se puede obtener para el proyecto. La empresa nunca ha tenido algún plan de mantenimiento y no se tiene información del estado de las máquinas.

Viabilidad Técnica

El proyecto cuenta con los suficientes recursos humanos necesarios para el desarrollo, el personal de planta de producción, los técnicos de mantenimiento y jefes de proyecto están dispuestos a cooperar y desarrollar el proyecto. Además, cuenta con recursos tecnológicos para una planificación completa. Las computadoras y el software están disponibles como herramientas complementarias para la implementación del proyecto.

Viabilidad Económica

El presidente de la empresa ha asignado un presupuesto para el proyecto. Esto incluye cualquier actividad que se desarrollará en tiempo de ejecución. Los costos de software, hardware y mano de obra están cubiertos.

Viabilidad Temporal

Se cuenta con tiempo suficiente para el desarrollo, la planificación y la ejecución del proyecto. Así lo confirma el cronograma de planificación que se presenta más adelante.

Objetivos

Objetivo General

Proponer un plan de gestión para el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria de la organización Sunher Royal SAS aplicando la metodología PMI.

Objetivos Específicos

Diagnosticar el momento actual de los proyectos de mantenimiento que tiene la empresa.

Analizar los puntos críticos del mantenimiento de maquinaria en la empresa.

Desarrollar planes de gestión que permitan a la empresa optimizar sus procesos de mantenimiento.

Marco referencial

Antecedentes

En la búsqueda de literatura relativa a la gestión de proyectos de mantenimiento utilizando la metodología propuesta por el PMI, cabe mencionar los siguientes documentos consultados:

Plan para la Implementación del Mantenimiento Preventivo y/o Correctivo en Equipos WOS en Campo Cajua – Puerto Gaitán (Méndez et al., 2013). En este proyecto se plasman cada una de las áreas de conocimiento propuestas en el PMBOK para planificar alcance, costos, calidad, recursos, tiempo, adquisiciones y riesgos de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para equipos WOS próximos a terminar su periodo de garantía. Se demostró la importancia de desarrollar dicho plan siguiendo los lineamientos del PMBOK y se evidenció la disminución en el nivel de fallas, incremento en ciclos de vida y reducción de la afectación de la producción.

Plan de Gestión de Proyectos de Mantenimientos Mayores de Equipos en las Estaciones de Bombeo de Ecopetrol S.A. (Duarte & Díaz, 2015). Este proyecto ha desarrollado una metodología basada en la gestión de proyectos para la implementación de planes de mantenimiento en Ecopetrol. Las tareas se desarrollan con base en las áreas de conocimiento presentadas en el PMBOK.

Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo y Seguridad Industrial para la Fábrica Minerosa (Cansino, 2015). En este proyecto se implementó un plan de mantenimiento preventivo para una empresa minera en el cual se analizaron todas las máquinas del negocio, luego mediante herramientas de análisis estadístico se identifican las máquinas sobre las cuales se realizó el plan de mantenimiento.

Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Empresa Extruplas S.A.

(Valdivieso, 2010). Este proyecto analizó la distribución geográfica del parque de maquinaria de la empresa así como sus diferentes líneas de producto con el fin de determinar la línea más críticas e importantes. También se examinaron los cambios de trabajo y el grado de automatización del negocio de fabricación.

Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Pesada de la Empresa L&L (Buelvas & Martinez, 2014). Este proyecto demuestra la importancia de desarrollar un plan de mantenimiento en una empresa. Al mismo tiempo, el monto invertido en la reparación de equipos pesados superó en un 65% el presupuesto de mantenimiento. Se entrevistó a los operadores para averiguar si estaban siguiendo las recomendaciones del fabricante pues esto tiene un gran impacto en el desgaste de la máquina. También se investigó cómo la empresa maneja la información de mantenimiento de sus vehículos.

Conceptos Generales en la Gestión del Mantenimiento Industrial (Pérez, 2021). Este libro explica los conceptos, definiciones y términos utilizados en el mantenimiento, así como sus clases existentes. Además, explica lo que un ingeniero de mantenimiento debe tener en cuenta para planificar con éxito un proceso de mantenimiento, administrar recursos y personal. Por último, se mencionan métricas de rendimiento o gestión utilizadas en el control de mantenimiento.

Marco histórico

Historia en Sunher Royal

Sunher Royal fue fundada hace más de 15 años en la ciudad de Bogotá pero no fue hasta el 2018 que se comenzaron a preocupar por el estado de la maquinaria. Antes de ese año, la empresa contaba con un solo proveedor de mantenimiento, el cual no era experto en el tipo de

equipos utilizados en la compañía y muchas veces no daba solución a los problemas presentados. A partir del año 2018 el gerente general decidió conformar una lista de varios proveedores de mantenimiento especializados en maquinaria utilizada en la manufactura de ventanas. Esto lo logró con ayuda de las empresas a las que les compraba los perfiles de PVC utilizados para fabricar las ventanas, pues estos tenían contactos en diferentes fábricas que conocían expertos en el tema. Sin embargo, este fue el único cambio que se dio hasta el 2020, ya que la dirección de la compañía no se había interesado por la situación hasta que empezaron a notar que las pérdidas de tiempo y dinero se estaban dando por el mal estado de la maquinaria.

En el año 2020, la empresa decidió contratar a un jefe de producción experto en temas de mantenimiento preventivo y correctivo. Este creó rutinas de inspección basado en el estado actual de la maquinaria y en sus componentes más críticos. Sin embargo, la falta de experiencia en el ámbito de la gestión de proyectos, le impidió estructurar el proceso y documentar toda la información que había logrado recolectar. Nuevamente la falta de interés y organización por parte de los involucrados (operarios, jefe de producción y gerencia) generó que poco a poco se dejaran de realizar las rutinas de mantenimiento y hoy en día las máquinas se siguen deteriorando a un ritmo alarmante.

Historia de la gestión de proyectos

Según los expertos el origen de la Gestión o Dirección de Proyectos puede situarse a comienzos del siglo XX, considerándose la aparición de los primeros métodos.

Podríamos situar su inicio como disciplina con la aparición del Diagrama de Gantt, en 1917. La metodología PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) y CPM (*Critical Path Method*) llegan a mediados de los 50. Fue en esta década, cuando las

organizaciones comenzaron a aplicar sistemáticamente las herramientas y técnicas de gestión de proyectos.

No es hasta el 1969 que nace en los EEUU el PMI (*Project Management Institute*). Cinco voluntarios fundaron esta organización profesional sin fines de lucro dedicada a contribuir con el avance de la práctica, ciencia y profesión de administración de proyectos. En ese mismo año, el PMI celebró su primer simposio en Atlanta, Georgia con una asistencia de 83 personas. A partir de ahí la organización fue creciendo hasta convertirse en la principal organización de gestión de proyectos a nivel mundial. En 1987 el PMI publicó la primera edición de la Guía del PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) que es el estándar actual para la gestión de proyectos. En 1998 tanto *The American National Standards Institute* (ANSI) como el *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) reconocieron el PMBOK como estándar a nivel mundial (Pérez, 2016).

Marco Conceptual

Para ilustrar mejor el tema tratado en el proyecto, se definen los conceptos más importantes que se deben tener en cuenta al diseñar el proyecto.

Proyecto. Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos (Project Management Institute, 2017).

Ciclo de vida del proyecto. El ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre. Las fases son generalmente secuenciales y sus nombres y números se determinan en función de las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia

del proyecto y su área de aplicación (Project Management Institute, 2017).

Cronograma. Lista de elementos o procesos de un proyecto en la cual se incluyen además sus fechas previstas de comienzo y final. El cronograma incluye información acerca del tiempo destinado al proyecto y a cada una de sus fases (ITM Platform, 2016).

EDT. La EDT/WBS es una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar por el equipo del proyecto para cumplir con los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos (ITM Platform, 2016).

Gestión de Proyectos. La gestión de proyectos es una disciplina capaz de integrar sistemáticamente la planificación, la organización, el liderazgo, el control y la calidad en la gestión de las actividades del proyecto (Terrazas, 2009)

Mantenimiento. El mantenimiento se puede definir como el seguimiento continuo de las instalaciones (en el caso de las fábricas) o de los componentes (en el caso de los productos), así como una serie de reparaciones e inspecciones necesarias para asegurar su correcto funcionamiento y buen estado de todo el sistema (Muñoz, s.f)

Plan de Mantenimiento. Hace parte de un modelo de gestión de activos que define programas de mantenimiento (preventivos, acciones predictivas y asignaciones de rutina) para aumentar su efectividad en la realización de tareas necesarias y oportunas, así como para determinar la frecuencia de las variables de control. , presupuestos de recursos y procedimientos para cada actividad (Reliability, s.f)

Marco Teórico

Para mantener y respaldar este proyecto, se recopiló información sobre metodologías de gestión de proyectos. Esta información proporciona orientación y estructura para el desarrollo del trabajo.

Prince2 or PMBOK – A Question of Choice (Matos & Lopes, 2013). Este artículo compara los dos métodos de gestión de proyectos más utilizados (Prince2 y PMBOK), mostrando los conceptos básicos de cada uno. Además, enfatiza el valor de todos en su gestión y establece un ejemplo para el desarrollo de proyectos de software. También destaca qué metodología es más fácil de aplicar según el caso de estudio.

Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Project Management Institute, 2017). Esta guía proporciona las mejores prácticas para gestionar proyectos individuales y presenta conceptos de gestión. Por otro lado, define el ciclo de vida del proyecto y todos los procesos relacionados.

PMBOK. Para el adecuado desarrollo de las estrategias y planes de mantenimiento a realizar en la empresa se utilizan las indicaciones especificadas por el PMI en el manual del PMBOK.

La guía PMBOK contiene la cantidad justa de conocimiento para el desarrollo profesional de un gerente de proyecto. Incluye conocimientos probados y prácticas ampliamente utilizadas por expertos en el campo, así como innovación de mejores prácticas con una aplicación más limitada (ESAN, 2016).

Esta guía es esencial porque detalla los pasos que se deben seguir para obtener resultados al trabajar en nuevos proyectos.

En este estudio de caso, PMBOK nos ayuda a formalizar el inicio del proyecto con el acta de constitución, planificación y gestión del alcance, gestión de tiempo y costos, gestión estricta de las partes interesadas (todos los participantes del proyecto) y gestión de riesgos (desde la identificación hasta el plan de mitigación).

Existen 5 grupos de procesos de gestión de proyectos, los cuales son:

Inicio. Esta fase define y permite iniciar el proyecto. (Project Management Institute, 2017)

Planificación. Definición de los objetivos del proyecto, planes de trabajo, objetivos y alcance a alcanzar durante el desarrollo del proyecto. (Project Management Institute, 2017)

Implementación. Durante esta fase se llevan a cabo las tareas del plan de trabajo del proyecto. (Project Management Institute, 2017)

Seguimiento y Control. Se debe medir y controlar el progreso del proyecto para identificar posibles desviaciones y tomar acciones correctivas. (Project Management Institute, 2017)

Cierre. Esta es la etapa donde el usuario acepta el producto final y se completa el proyecto. (Project Management Institute, 2017)

Mantenimiento. Hay muchos tipos de mantenimiento y a continuación se proporciona un análisis teórico para saber qué tipo de mantenimiento es mejor para la empresa objeto de estudio. El mantenimiento es un proceso realizado para garantizar que un artículo o unidad de producción pueda continuar operando con una eficiencia óptima. (Westreicher, 2020)

En otras palabras, es la realización de diversas actividades, como reparación o remodelación, lo que evitará que el precio de los activos fijos se deprecie con el tiempo. Esto permite que la empresa gane más dinero al evitar gastos no deseados. La tarea principal es mantener en buen estado los equipos de cada empresa. Esto debe lograrse con un cierto grado de eficiencia y eficacia. Algunos están diseñados para mantener el negocio en marcha, otros están diseñados para recuperar algunos dispositivos que han dejado de funcionar debido a una falla.

Por lo tanto, cualquier práctica de mantenimiento tiene un efecto directo sobre la calidad del producto.

El mantenimiento se puede dividir en dos grupos principales: mantenimiento de conservación y mantenimiento de actualización. A continuación se explicará detalladamente en qué consiste cada uno de ellos.

Mantenimiento de Conservación. Este es responsable de restaurar el desgaste establecido con el tiempo y es en el que se basa este proyecto. (Westreicher, 2020)

Mantenimiento Correctivo. Permite solucionar un problema existente. Hay dos opciones: reparación inmediata, que se realiza cuando se detecta un problema, y reparación diferida, donde se detiene el funcionamiento de la máquina y se programa una reparación adecuada. Es el más costoso porque involucra el costo de repuestos y el costo de parar el proceso de producción. (Westreicher, 2020)

Mantenimiento Preventivo. Este tipo de mantenimiento le permite predecir fallas. El mantenimiento de rutina se utiliza para ralentizar el desgaste de las piezas. Se puede dividir en tres categorías: mantenimiento preventivo programado, que se lleva a cabo en función de la vida útil. El mantenimiento preventivo proactivo monitorea continuamente su máquina para que pueda predecir cuándo ocurrirán las fallas. Finalmente, el mantenimiento preventivo oportuno se realiza cuando el equipo no está en uso para aprovechar el tiempo de inactividad de la producción, que puede ser más costoso si se detiene a causa de un mantenimiento. (Westreicher, 2020)

El mantenimiento preventivo ahorra mucho dinero porque se programan los reemplazos de piezas de repuesto y los técnicos intervienen lo más rápido posible durante el tiempo de inactividad de la máquina.

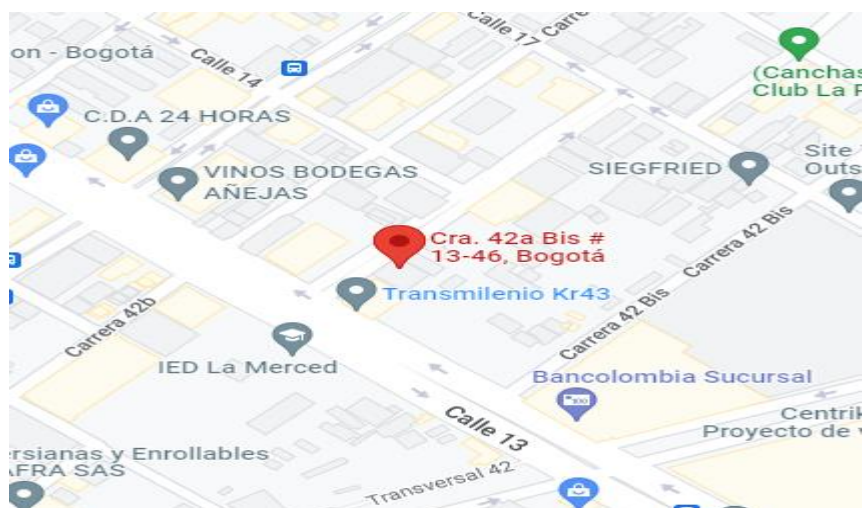
Mantenimiento de Actualización. Este tipo se utiliza cuando el mantenimiento ya no es suficiente debido a la evolución del mercado y la creación de nuevas tecnologías que otorgan una clara ventaja a la empresa. Son inversiones realizadas para combatir la obsolescencia de la tecnología. (Westreicher, 2020)

Marco geográfico

La principal y única sede de la empresa Sunher Royal S.A.S. opera en la ciudad de Bogotá D.C. en la Carrera 42A Bis # 13-46 y entrega sus productos en todo Colombia.

Figura 1

Ubicación Sunher Royal S.A.S.



Nota. Ubicación de las oficinas de Sunher Royal S.A.S.

La teoría y conceptos plasmados anteriormente son de vital importancia para entender de mejor manera el campo de estudio en el que se está incursionando. Esto permite anticiparse a algunos problemas que se hayan presentado en otros proyectos y a tener presente las cosas importantes que pueden aportarle al presente proyecto. Con la ayuda del marco teórico y

conceptual, se puede identificar de mejor manera la metodología que se puede aplicar al caso de estudio, la cual se muestra en el siguiente capítulo.

Metodología

Tipo de Investigación

El enfoque de investigación es un enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo), incluye la compilación, el estudio y la unión de la investigación tanto cualitativa como cuantitativa (QuestionPro, s.f).

La data cualitativa es información al alcance público que un investigador recopila a por medio de observaciones, grupos focales y entrevistas. El estudio datos cualitativos a menudo envuelve categorizarlos para que cobren sentido las ideas recolectadas (QuestionPro, s.f).

La data cuantitativa contiene información no pública, como las escalas de calificación. El estudio de estos datos incluye analizar estadísticamente las apreciaciones obtenidas, por ejemplo, encuestas para resolver preguntas de investigación o contrastar hipótesis (QuestionPro, s.f).

El tipo de investigación es descriptiva, dado que se toman elementos conocidos en la organización para dar solución a un problema específico, como la falta de gestión de mantenimiento, por otra parte, el proyecto está respaldado por la metodología desarrollada por PMI que utiliza diferentes planes de gestión para realizar un seguimiento del desarrollo y la implementación del proyecto.

Fases del proyecto

Fase 1 Diagnóstico

Inicialmente se realizará un análisis de la situación actual de la empresa, identificando los procesos de mantenimiento que se llevan a cabo actualmente, así como los principales problemas en la maquinaria. Además, se hará un levantamiento de la cantidad y tipos de máquinas que intervienen en el proceso de producción.

Para llevar a cabo el proceso de diagnóstico, se realizarán las siguientes actividades

Visita a la empresa e inspección del área de producción.

Revisión de documentos: manuales de maquinaria, hojas de vida, historiales de mantenimiento y de fallos.

Entrevista con operarios, jefe de producción y gerente de la empresa.

Revisión del estado de las máquinas.

Fase 2 Planeación

Después de realizado el diagnóstico inicial, se procederá a diseñar el plan de gestión para el desarrollo del proyecto basado en la metodología propuesta por el PMI.

Para el caso de estudio, se prepararon los siguientes planes de dirección utilizando diferentes herramientas para dar seguimiento a cada fase del proyecto.

Plan de Gestión de Integración del Proyecto. Acta de constitución y planificación.

Plan Gestión del Alcance. Requerimientos y EDT/WBS.

Plan Gestión de Interesados. Identificar a las partes interesadas y gestionar participación de interesados.

Plan Gestión del Cronograma. Actividades del proyecto, determinar el cronograma del proyecto y controlar el cronograma

Plan Gestión Costos. Costo del proyecto y herramientas de control de costes.

Plan Gestión de Calidad. Definir estándares de calidad y herramientas de control de calidad.

Plan Gestión de Riesgos. Identificar amenazas o riesgos, evaluación de riesgos y plan de respuesta a riesgos.

Fase 3 Ejecución

En la última fase se realizarán los planes de mantenimiento basados en toda la información recolectada en las etapas anteriores. Se codificarán las máquinas, se crearán rutinas de inspección y se establecerán formatos para las hojas de vida de los equipos.

Herramientas y Técnicas

Para realizar el diagnóstico inicial se realizarán entrevistas, se utilizarán reportes de mantenimiento, manuales de procesos y análisis de formatos existentes.

Para el diseño y desarrollo de los planes de gestión se hará uso de la lluvia de ideas, diagrama de causa-efecto, análisis de valor ganado, diagrama de Gantt, matriz de interés vs influencia y matriz de análisis de riesgos.

Por último, para la fase de ejecución se harán capacitaciones al personal operativo.

Después de determinar la metodología que se utilizará para diseñar y desarrollar el proyecto, se procederá con el análisis inicial de la empresa. Es fundamental tener un punto de referencia como partida contra el cual comparar los resultados obtenidos. A continuación se presenta un diagnóstico de la situación actual de la empresa.

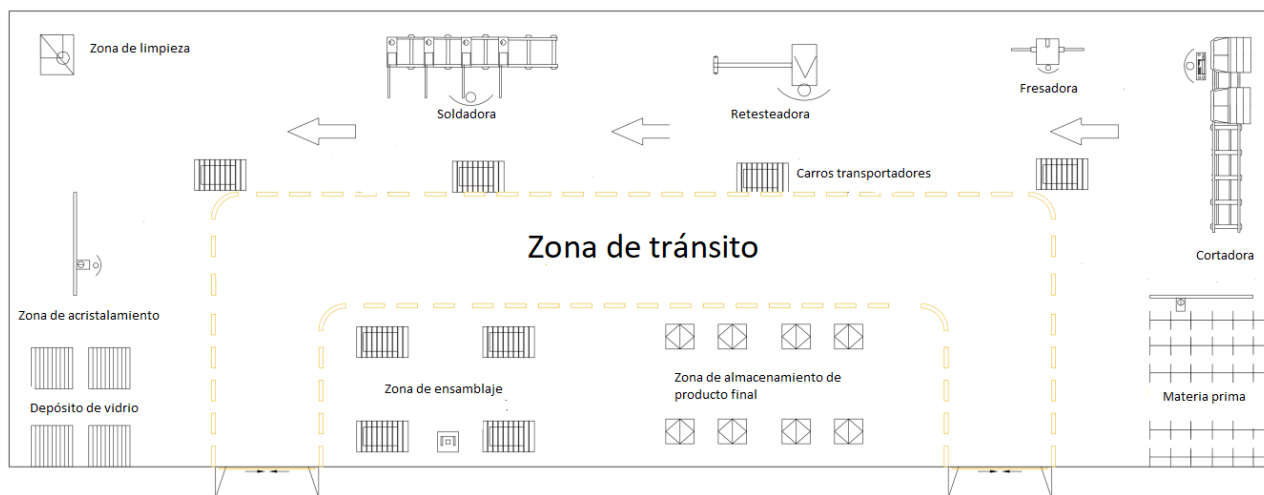
Diagnóstico Inicial

La empresa Sunher Royal cuenta con una cantidad importante de máquinas las cuales son operadas por los trabajadores para realizar los diferentes procesos de producción durante la fabricación de una ventana. El alcance de este proyecto está enfocado en las máquinas utilizadas en la línea de PVC. Las máquinas para la fabricación de ventanas en aluminio no se tienen en cuenta dado que son tercerizadas.

Para la línea de PVC, la empresa cuenta con 4 máquinas: cortadora, fresadora, máquina de retesteado y soldadora, cada una tiene una posición especial en la fábrica para su buen funcionamiento, evitando grandes movimientos de materias primas y operadores.

Figura 2

Layout de la fábrica



Nota. Distribución de planta de la empresa Sunher Royal. *Fuente.* Autor

A continuación una breve descripción de las máquinas de producción de ventanas de PVC.

Máquina Cortadora. Esta es la primera en la línea de producción, es alimentada con perfiles y programada para realizar cortes a diferentes longitudes y grados. Por lo general es la

que más tiempo dura en operación pero también es la máquina más nueva con la que cuenta la empresa.

Figura 3

Cortadora de perfiles



Nota. Reproducida de máquina cortadora, de la página web Ozgenc Machine (Ozgenc Machine, s.f.)

Máquina de Fresado. Es la encargada de hacer todas las perforaciones para la tornillería y los desagües de las ventanas. Además, realiza los huecos en donde van instalados los rodamientos de las ventanas. Es una máquina antigua pero su funcionamiento es simple.

Figura 4

Máquina fresadora



Nota. Reproducida de máquina fresadora, de la página web Alibaba (Alibaba, s.f.)

Máquina de Retesteo. Sirve para realizar las cajas o empalmes para que los perfiles encajen perfectamente entre sí. Al igual que la máquina de fresado, es antigua pero su funcionamiento es un poco más costoso ya que utiliza discos de corte que tienen un costo elevado.

Figura 5

Máquina de retesteo



Nota. Reproducida de máquina de retesteo, de la página web Direct Industry (Direct Industry, s.f)

Máquina Soldadora. Por último, se encuentra la máquina soldadora la cual se encarga de soldar los perfiles entre sí para conformar los marcos de las ventanas. Utiliza gran cantidad de energía y aire, además de que es el cuello de botella de la operación porque es la que opera a menor velocidad y procesa menos material que las demás máquinas. Es antigua y presenta grandes problemas de confiabilidad.

Figura 6

Máquina soldadora de perfiles



Nota. Reproducida de máquina soldadora, de la página web Disomaq Maquinaria (Disomaq Maquinaria, s.f.).

Todos los empleados de la fábrica están capacitados para usar de manera correcta cada una de las máquinas, no se evidencia deterioro por mal manipulación y todos tratan de cuidarlas al máximo. Detener la producción por una avería en cualquiera de estas provoca pérdidas grandes de dinero y tiempo.

Sin embargo, la empresa no posee ningún plan para gestionar el mantenimiento y evitar el tiempo de inactividad de la producción debido a fallas en los equipos. El proceso de gestión incluye llamar a un técnico para que los repare cada vez que fallan y no hay seguimiento de lo

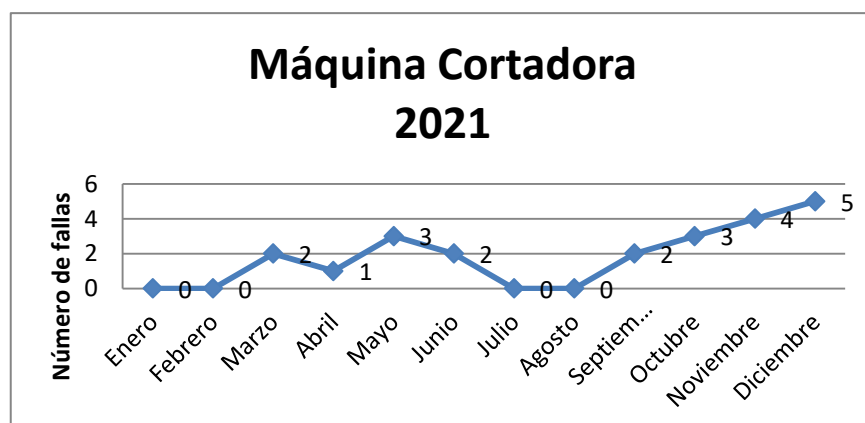
que hace o de lo que se ha reemplazado. Las máquinas están acortando su vida útil y cada vez presentan fallas con más frecuencia y por lo tanto el costo de mantenerlas se ha elevado.

Además, los trabajadores con más experiencia tratan de arreglarlas para agilizar el reinicio de la producción, ya que en ocasiones el técnico de mantenimiento puede tardar varios días en presentarse. Sin embargo, estas prácticas generan daños más serios en las máquinas ya que los trabajadores no están capacitados ni tienen el conocimiento para arreglarlas.

Se analizó el histórico del número de fallas presentadas por cada máquina en el transcurso del año 2021 y se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 7

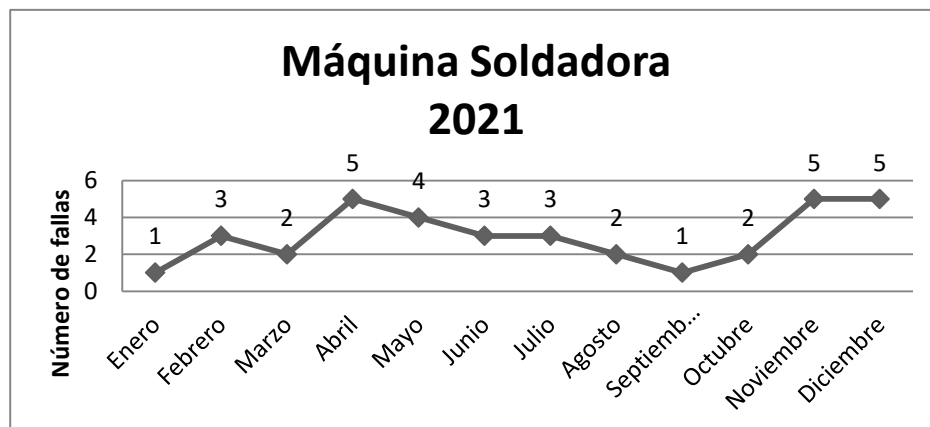
Histórico de fallas máquina cortadora en el año 2021



Nota. La máquina cortadora evidencia un aumento en la tasa de fallas en los últimos meses del año, lo cual puede ser ocasionado por su uso constante y falta de mantenimiento a lo largo de todo el año.

Figura 8

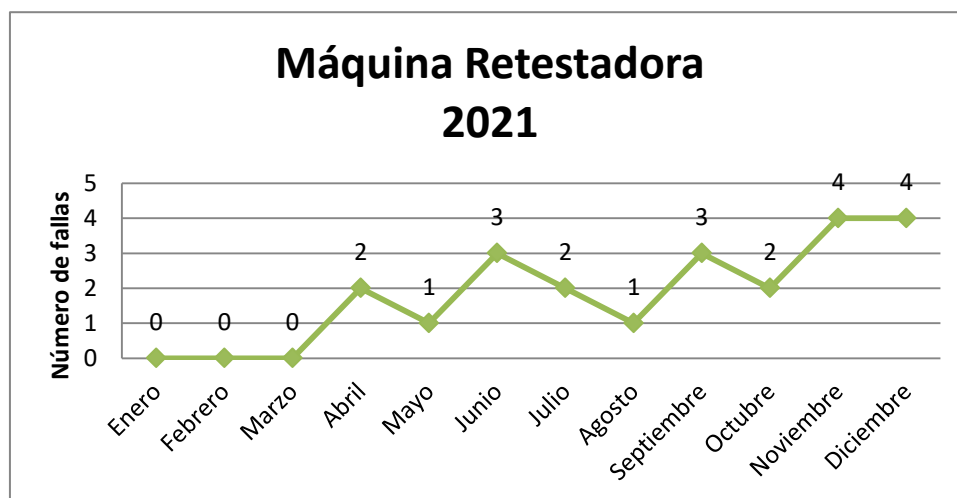
Histórico de fallas máquina soldadora en el año 2021



Nota. Esta máquina es la más crítica de la empresa, pues además una de las más utilizadas, es la más antigua.

Figura 9

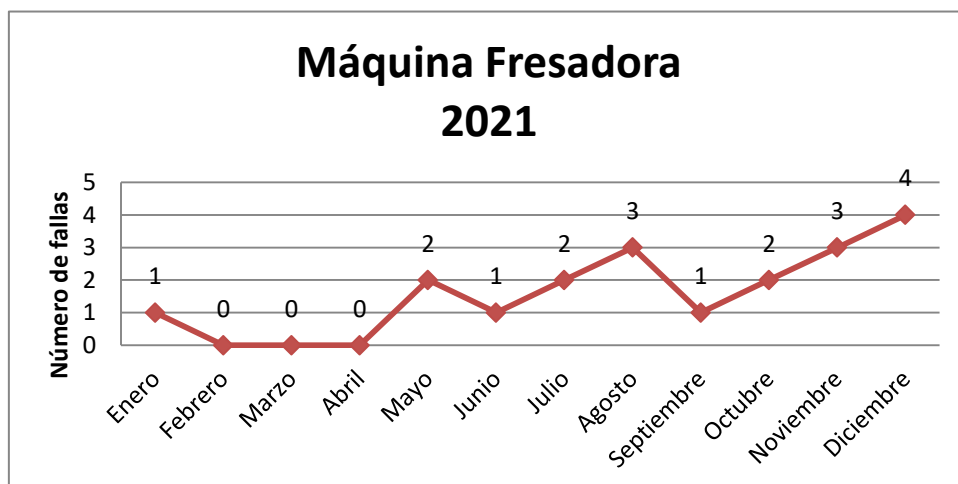
Histórico de fallas máquina retestadora en el año 2021



Nota. El número de fallas en esta máquina se debe normalmente al desgaste de los discos de corte. Al igual que en las demás máquinas, la cantidad de fallas es mayor al finalizar el año.

Figura 10

Histórico de fallas máquina fresadora en el año 2021

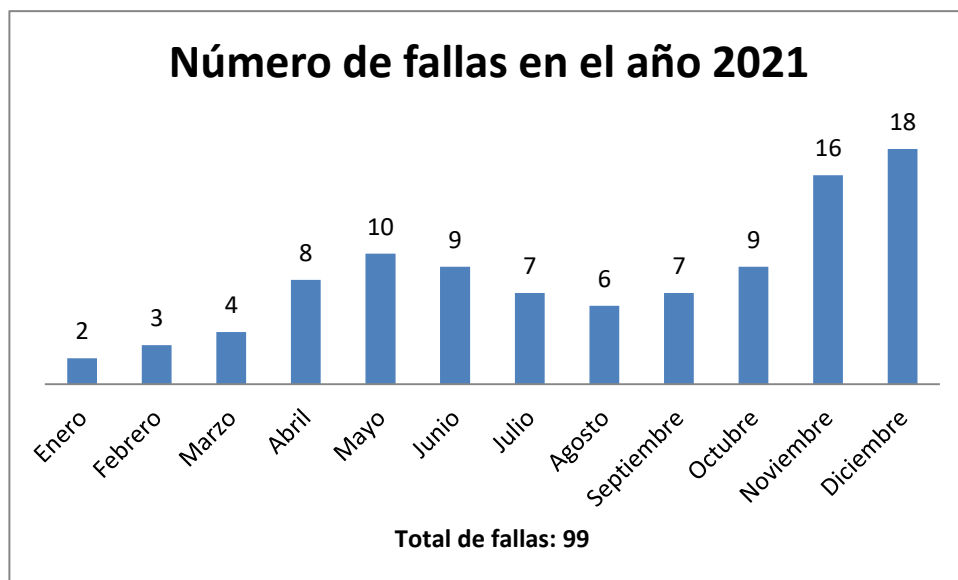


Nota. La cantidad de fallas no es tan alta en esta máquina debido a que su uso no es tan agresivo, sin embargo es una de las máquinas más antiguas de la empresa.

En las figuras anteriores se pudo observar que las máquinas presentan un menor número de fallos al inicio del año y estos van aumentando conforme el paso de los meses hasta llegar a valores críticos en los dos últimos meses del año, esto quiere decir que la carencia de mantenimiento reduce el rendimiento y la eficiencia de las máquinas. A continuación, en la ilustración 7 se presenta el número de fallos total de las máquinas por cada mes del año 2021, en donde se pueden observar picos en los meses de mayo, noviembre y diciembre, posiblemente por el comportamiento de la demanda de producción en estos meses.

Figura 11

Número de fallas totales en 2021



Nota. En los meses Noviembre y Diciembre, las máquinas vienen de un desgaste constante durante el transcurso del año y el trabajo se intensifica para poder cumplir con todos los compromisos antes de finalizarlo. Es por esto que el número de fallas aumenta en este periodo.

Se calcularon los costos de estos fallos los cuales se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 1

Componentes críticos

Criterio	Año 2021	Valor
Número de fallos en máquinas	99	\$ 21.120.000
Número de veces que la producción se detuvo	25	\$ 8.125.000
Número de incumplimiento en proyectos.	6	\$ 800.000
Número de clientes perdidos por incumplimiento	2	N/A
Total		\$ 30.045.000

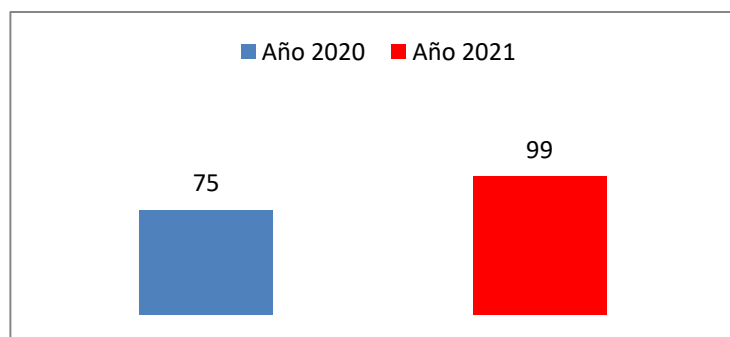
Nota: Descripción de los costos asociados con los fallos en la maquinaria y detención de la producción. *Fuente.* Autor

La tabla anterior muestra el problema de la falta de un plan de gestión de proyectos de mantenimiento. El costo de paralización en producción y reparación de máquinas supera los 30 millones de pesos, sin mencionar la pérdida de dos clientes, resultando en grandes pérdidas que se pueden evitar si se sigue un plan de mantenimiento pertinente.

Ahora bien, si se compara el año 2020 y 2021 se obtiene el siguiente resultado:

Figura 12

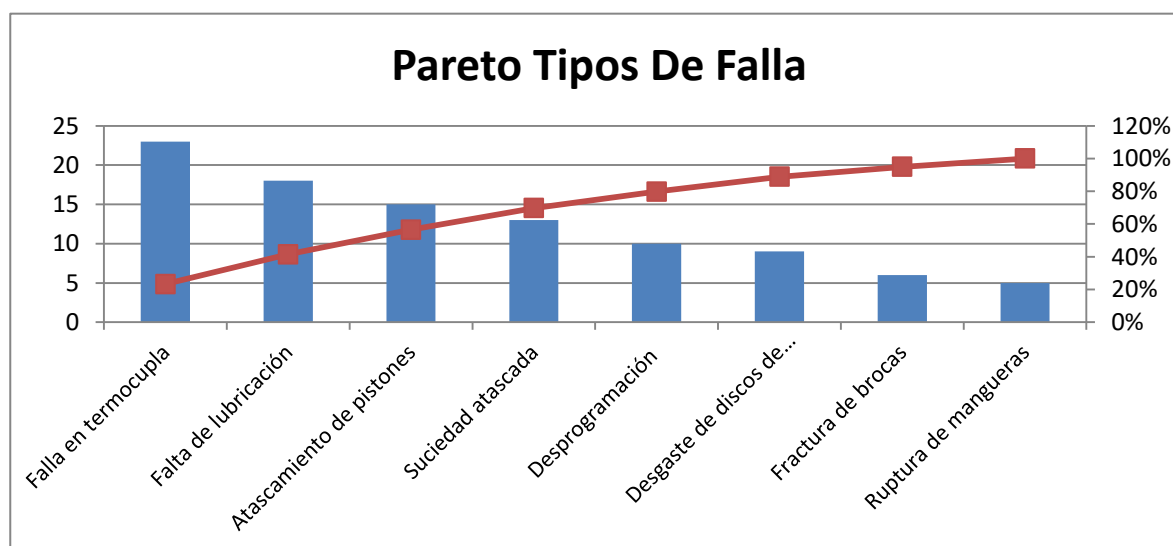
Fallas 2020 vs 2021



Nota. Comparación de fallas presentadas en 2020 vs 2021

Figura 13

Pareto tipos de falla



Nota. Según el diagrama de Pareto, estos son los tipos de falla más comunes que se presentaron a lo largo del año 2021. El 70% de los problemas se dieron a causa de las 4 primeras fallas, las cuales deben ser tenidas en cuenta en el plan de mantenimiento.

Tomando como base las ilustraciones anteriores, se evidencia que el aumento entre un año y el otro fue de 32%, lo que indica que el estado de las máquinas es cada vez peor.

En conclusión, la falta de organización y seguimiento al estado de la maquinaria ha generado pérdidas monetarias y de reputación para la empresa, además de envejecimiento prematuro de las herramientas utilizadas en la fabricación. No es necesario comprar máquinas nuevas ni aumentar la capacidad de producción pues basta con llevar acabo mantenimientos preventivos que ayuden a optimizar los tiempos y minimizar las pérdidas.

Como se puede evidenciar en este diagnóstico inicial, la empresa no cuenta con un plan para la gestión de proyectos de mantenimiento para su maquinaria, esto origina un deterioro creciente en las máquinas (99 fallas en 2021 respecto a 75 en 2020), detenciones en la línea de producción (sobre todo en los meses finales del año como se evidencia en la ilustración 7) y pérdidas de dinero por más de 30 millones de pesos anuales.

Gracias al análisis inicial, se pueden establecer los puntos críticos del mantenimiento de los equipos en la empresa los cuales se presentan a continuación:

Fallas Críticas. Según el gráfico de Pareto, las fallas que más están provocando retrasos, deterioro y pérdidas de dinero son: fallas en la termocupla de la máquina soldadora, falta de lubricación de la maquinaria, atascamiento de pistones y exceso de suciedad. Es de vital importancia tener en cuenta estos problemas a la hora de diseñar el plan de mantenimiento para cada máquina, pues este debe estar enfocado en evitar que ocurran este tipo de inconvenientes.

Planificación. No existe una planeación para las actividades de mantenimiento, no se tienen en cuenta aspectos clave como el tiempo que va a tomar la tarea, la mano de obra necesaria, los materiales y las herramientas utilizadas. Esto genera sorpresas o gastos inesperados

cuando se realizan labores de mantenimiento correctivo, pues no se tiene control sobre este tipo de gastos ni se planifican.

Seguridad de los Técnicos y Operarios. No se tienen normas ni reglas de seguridad establecidas para realizar labores de mantenimiento. Los técnicos y operarios realizan mantenimientos correctivos sin elementos de protección personal que eviten cortes o que entren en contacto con sustancias contaminantes. Cuando se producen accidentes, el mantenimiento se retrasa y, como consecuencia, la producción también.

Evaluación. No se evalúa el trabajo final realizado, no se registran dificultades encontradas, tiempo de ejecución ni material utilizado. Esto imposibilita hacer un examen crítico y sacar conclusiones que permitan planificar el próximo mantenimiento.

Teniendo clara la situación actual de la empresa, es evidente que se necesita gestionar de manera eficaz el mantenimiento de la maquinaria, es por esto que a continuación se presenta el plan de gestión para que la empresa pueda crear un plan de mantenimiento que le permite mantener en estado óptimo la maquinaria utilizada.

Plan de Gestión

Analizando el diagnóstico inicial de la sección anterior, se hace necesario planificar de manera correcta el mantenimiento de la maquinaria. Para esto se deben crear planes de gestión que ayuden a controlar de manera ordenada cada uno de los procesos que se implementarán para desarrollar exitosamente el proyecto.

El diseño de planes de gestión propuestos en este trabajo deriva de la metodología del PMI en donde se tuvieron en cuenta aspectos como el costo, el tiempo y la calidad.

PMBOK separa la gestión de proyectos en cinco grupos (inicio, planificación, ejecución, control y cierre) los cuales se reparten en 10 áreas de conocimiento comúnmente utilizadas en la mayoría de los proyectos:

Gestión de Integración. En esta fase se identifican, definen, integran, estandarizan y coordinan procesos y actividades involucradas en gestión de proyectos. (EALDE, 2020)

Gestión del Alcance. Estos procesos aseguran que el proyecto se complete con el trabajo necesario. (EALDE, 2020)

Gestión del Cronograma. Estos son los procesos que gestionarán la finalización de un proyecto dentro de un marco de tiempo predeterminado. (EALDE, 2020)

Gestión de Costes. Procesos implicados en la planificación, estimación, presupuestación, financiación, gestión y control de costes hasta finalizar el proyecto. (EALDE, 2020)

Gestión de la calidad: para dar cumplimiento a los intereses de los clientes y las partes interesadas, estos procesos proveen la implementación de la política de calidad de la organización. (EALDE, 2020)

Gestión de Recursos. Estos son los procesos de identificación, abastecimiento y gestión de los recursos necesarios para tener éxito. (EALDE, 2020)

Gestión de la Comunicación. A través de estos procesos, aseguramos que la planificación, recopilación, creación, control, seguimiento y uso de la información sean consistentes con los requerimientos del proyecto. (EALDE, 2020)

Gestión de Riesgos. Gracias a estos procesos, podremos planificar, identificar, analizar y ejecutar respuestas y monitorear riesgos de proyectos o fases. (EALDE, 2020)

Gestión de Compras o Adquisiciones. Incluye los procesos de abastecimiento tanto de productos como de servicios que son externos al proyecto y necesarios para el desarrollo del mismo. (EALDE, 2020)

Gestión de interesados: se cubrirán todos los procesos de definición, análisis y desarrollo de una estrategia de compromiso para los involucrados o involucradas en el proyecto. (EALDE, 2020).

Finalmente, de las 10 áreas de conocimiento se desglosan 49 procesos, los cuales son conjuntos de actividades que están relacionadas entre sí y que permiten alcanzar los objetivos o resultados esperados.

Ningún proyecto es igual a otro; existen megaproyectos en los cuales es necesario aplicar cada uno de los 49 procesos debido a su magnitud y gran cantidad de variables pero hay otros en los que la aplicación de todos estos se hace irrelevante e incluso excesiva, esto debido a su extensión o a los objetivos que se quieren alcanzar con la ejecución del mismo.

Debido a lo mencionado anteriormente, se nombran sólo los procesos definidos por el PMI que van a ser ejecutados en el presente proyecto:

Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto. Es un documento que sirve para formalizar el inicio de cualquier proyecto. En este se especifica el nivel de autoridad del director a lo largo del desarrollo del proyecto. Además, se plasman los objetivos, requerimientos y

entregables de una manera general. Por último, se identifican suposiciones, restricciones e hitos del proyecto. (Gascón, 2018)

Identificar a los Interesados. Este es uno de los primeros procesos que debe realizar un director cuando es asignado a un proyecto. Los interesados o *stakeholders* son el grupo de personas u organizaciones que se verán afectados (positiva o negativamente) con la ejecución del proyecto. Con ayuda del acta de constitución, se puede realizar un análisis para identificar la importancia e influencia de cada uno de ellos. (Gascón, 2018)

Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto. Esta es la parte de planificación de todo el proyecto. En él se incluyen acciones para definir, integrar y coordinar todos los planes de las áreas de conocimiento nombradas anteriormente. (Gascón, 2018)

Planificar el Involucramiento de los Interesados. Aquí se crean las estrategias para comprometer a los *stakeholders* con el proyecto. Además, se conforman planes de mitigación para posibles impactos negativos. Se deben gestionar expectativas y requisitos. (Gascón, 2018)

Planificar la Gestión del Alcance. En esta parte se define como se va a llevar a cabo cada uno de los procesos involucrados en la gestión del alcance. Se describe cómo se va a definir, validar y controlar el mismo. Esto es de vital importancia para evitar que se agreguen cambios que no han pasado por controles. (Gascón, 2018)

Recopilar los Requisitos. Los requisitos deben incluir los deseos, expectativas y necesidades de cada uno de los interesados del proyecto. Se deben cuantificar, documentar y estar formalmente aprobados. (Gascón, 2018)

Definir el Alcance. Se detallan los entregables del proyecto y el trabajo necesario para crearlos. Es un proceso que puede ser altamente iterativo. Se debe especificar el alcance del

producto, los criterios de aceptación, entregables, exclusiones, restricciones y supuestos.

(Gascón, 2018)

Crear la EDT/WBS. El EDT son paquetes de trabajo en los cuales se divide el proyecto para facilitar su planificación. Es una descomposición jerárquica del alcance total del proyecto.

(Gascón, 2018)

Planificar la Gestión del Cronograma. Se definen estrategias para realizar y gestionar el cronograma. Se define cómo se van a gestionar las contingencias, los cambios y actualizaciones. (Gascón, 2018)

Definir las Actividades. Los paquetes de trabajo del EDT se descomponen en partes más pequeñas llamadas actividades, las cuales son las acciones necesarias para completar dichos paquetes. A partir de estas se define el cronograma, los costos, riesgos y recursos necesarios para el proyecto. (Gascón, 2018)

Secuenciar las Actividades. Se definen las dependencias entre las actividades. La elaboración del cronograma se puede llevar a cabo con ayuda de un software como Microsoft Project, el cual permite secuenciar las actividades para calcular el tiempo total y los costos. (Gascón, 2018)

Planificar la Gestión de los Riesgos. Este proceso define la manera en que se van a identificar, analizar y planificar la respuesta a los riesgos. Se busca aumentar la probabilidad y el impacto de las oportunidades y disminuir las amenazas. (Gascón, 2018)

Identificar los Riesgos. Se documentan los riesgos presentes en el proyecto y se documentan sus características. (Gascón, 2018)

Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos. En este proceso se evalúa la probabilidad e impacto de los riesgos identificados anteriormente, además, se ordenan de acuerdo a su importancia. (Gascón, 2018)

Planificar la Respuesta a los Riesgos. Se crean planes de mitigación a los riesgos para mejorar oportunidades y reducir amenazas. Se debe asignar un responsable a cada uno de los riesgos. (Gascón, 2018)

Planificar la Gestión de los Costos. Se establecen procedimientos y la documentación para planificar, ejecutar y controlar los costos del proyecto. (Gascón, 2018)

Estimar los Costos. En esta parte se estiman los recursos monetarios aproximados para ejecutar las actividades del proyecto. Se incluyen costos de equipamiento, personal, materiales, servicios, entre otros. (Gascón, 2018)

Estimar los Recursos de las Actividades. Con ayuda de la estimación de costos, se asignan esos recursos a cada una de las actividades con el fin de estimar su costo y duración. (Gascón, 2018)

Estimar la Duración de las Actividades. Se estima la cantidad de periodos de trabajo necesarios para finalizar cada una de las actividades con los recursos estimados. (Gascón, 2018)

Desarrollar el Cronograma. Con ayuda del software Microsoft Project, se integran todas las actividades y sus secuencias, los recursos y duraciones y de esta manera se obtiene el cronograma estimado para todo el proyecto. (Gascón, 2018)

Determinar el Presupuesto. Al sumar todos los costos de cada una de las actividades se obtiene el presupuesto total del proyecto. El objetivo es establecer una línea base de costos la cual será controlada durante el transcurso del proyecto. (Gascón, 2018)

Planificar la Gestión de la Calidad. Se identifican los parámetros o métricas para que el proyecto demuestre el cumplimiento basado en los objetivos finales. Este proceso se realiza antes de que comience la ejecución del proyecto y ayuda a prevenir errores o defectos gracias a las auditorías de calidad de manera periódica. (Gascón, 2018)

Ejecución, Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto. Consiste en llevar a cabo lo planificado, es decir, se realizan las actividades plasmadas en el cronograma para cumplir con los objetivos del proyecto. (Gascón, 2018)

Gestionar la Calidad. Se verifica que se estén implementando todos los procesos y normas definidas en el plan de calidad. (Gascón, 2018)

Monitorear el Involucramiento de los Interesados. En este proceso se monitorean las relaciones de los interesados y se realizan los ajustes necesarios en el plan de involucramiento. Esto aumenta la eficiencia de las actividades y la participación de los *stakeholders*. (Gascón, 2018)

Controlar el Cronograma. Los esfuerzos se centran en encontrar desviaciones en el cronograma y establecer acciones correctivas para minimizar las consecuencias o riesgos. (Gascón, 2018)

Controlar los Costos. Al igual que con el cronograma, se trata de monitorear la línea base de costos para evitar desviaciones o generar acciones correctivas. (Gascón, 2018)

Monitorear los Riesgos. Se identifican los riesgos que se materializaron y se evalúa la efectividad de los planes de mitigación. (Gascón, 2018)

Controlar la Calidad. Se asegura el cumplimiento de las normas establecidas en el plan de control de calidad. (Gascón, 2018)

Controlar los Recursos. Se asegura que los recursos planificados se encuentren disponibles. (Gascón, 2018)

Validar el Alcance. Se formaliza la aceptación de los entregables del proyecto que se han completado. (Gascón, 2018)

Cerrar el Proyecto o Fase.

Figura 14

Procesos en la gestión de proyectos

Inicio	Planeación	Ejecución	Monitoreo y control	Cierre
2.- Identificar a los interesados	4.- Planificar el involucramiento de los interesados	29.- Gestionar la participación de los Interesados	39.- Monitorear el involucramiento de los interesados	
	26.- Planificar la gestión de las adquisiciones	34.- Efectuar las adquisiciones	48.- Controlar las adquisiciones	
	12.- Planificar la gestión de los riesgos 13.- Identificar los riesgos	14.- Realizar el análisis cualitativo de riesgos 15.- Realizar el análisis cuantitativo de riesgos	16.- Planificar la respuesta a los riesgos	36.- Implementar la respuesta a los riesgos
	25.- Planificar la gestión de las comunicaciones.	33.- Gestionar las comunicaciones	43.- Monitorear los riesgos	42.- Monitorear las comunicaciones
	17.- Planificar la gestión de recursos	30.- Adquirir recursos	31.- Desarrollar el equipo	32.- Dirigir al equipo
	20.- Estimar los recursos de las actividades			45.- Controlar los recursos
	24.- Planificar la gestión de la calidad	35.- Gestionar la calidad		44.- Controlar la calidad
	18.- Planificar la gestión de los costos	19.- Estimar los costos	23.- Determinar el presupuesto	41.- Controlar los costos
	9.- Planificar la gestión del cronograma	11.- Secuenciar las actividades	22.- Desarrollar el cronograma	40.- Controlar el cronograma
	10.- Definir las actividades	21.- Estimar la duración de las actividades		
	5.- Planificar la gestión del alcance	7.- Definir el alcance		46.- Validar el alcance
	6.- Recopilar los requisitos	8.- Crear la EDT/WBS		47.- Controlar el alcance
1.- Desarrollar el acta de constitución del proyecto	3.- Desarrollar el plan para la dirección del proyecto	27.- Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto	28.- Gestionar el conocimiento del proyecto	37.- Monitorear y controlar el trabajo del proyecto
				38.- Realizar el control integrado de cambios
				49.- Cerrar el proyecto o fase

Nota. Reproducida de Grupos de Procesos, de la Guía 2018 Project Manager Professional PMP (Gascón, 2018)

Además de tener claros los grupos de procesos que se van a manejar para la planeación del proyecto, es necesario tener en cuenta también la normativa que afecta el sector del mantenimiento

Normas Técnicas que Respaldan la Gestión del Mantenimiento y la Gestión de Proyectos. Existen algunas normas que afectan el sector de la empresa y que su cumplimiento traería grandes ventajas. A continuación se nombran algunas de las normas que se deben tener en cuenta para el desarrollo del proyecto:

ISO 9000: el objetivo de Norma Internacional es facilitar a los usuarios la comprensión de conceptos básicos, principios y terminología de la gestión de calidad para que sean capaces de efectuar el SGC de manera eficaz y eficiente y sacarle provecho a otros estándares del SGC. La Norma Internacional propone un sistema de gestión de calidad bien definido basado en un marco integrado de conceptos, principios, procesos y recursos fundamentales de calidad diseñados para ayudar a las organizaciones a lograr sus objetivos. Involucra a todas las organizaciones, sin importar su tamaño, complejidad o modelo de negocio. El propósito es concienciar a la organización sobre las necesidades e expectativas de sus clientes y lograr el bienestar con los productos y servicios prestados. (ICONTEC, 2015)

ISO 14001: La certificación ISO 14001 se diseñó para incentivar la adopción de planes de gestión ambiental para cualquier empresa u organización del sector público o privado. Fue creado por la Organización Internacional de Normalización (ISO). La norma exige a la empresa a desplegar un plan de gestión ambiental que incluya: objetivos y metas ambientales, políticas y procedimientos para alcanzar objetivos, responsabilidades determinadas, capacitación del personal y sistemas de control. (FAO, s.f).

Las normas vistas anteriormente permiten tener un panorama más claro sobre cómo se debe controlar la calidad en un proceso de producción y de qué manera se debe realizar el manejo de residuos que pueden ser perjudiciales para el ambiente y la salud.

En el caso del mantenimiento de maquinaria, se generan residuos contaminantes como aceites y lubricantes que deben ser desechados de manera adecuada para cumplir las leyes ambientales y evitar al máximo accidentes relacionados con los desechos tóxicos.

Con base en la descripción de las áreas y procesos relacionados con la gestión de proyectos, se procedió a desarrollar el plan de gestión de la integración, incluyendo la normatividad relevante para la gestión ambiental y de calidad, que generaron aportes significativos para la planeación y desarrollo del proyecto.

Plan de Gestión de Integración del Proyecto

En las secciones anteriores se revisó la teoría y los conceptos existentes en el campo del mantenimiento y la gestión de proyectos. Además se hizo un diagnóstico actual de la empresa para tener un punto de partida y se evaluaron algunas normas técnicas que sirven para planificar de una mejor manera el proyecto. A continuación se desarrollan los diferentes procesos o planes de gestión, comenzando por el acta de constitución.

Acta de Constitución

Es importante porque formaliza el inicio del proyecto y también prescribe los niveles de autoridad que tendrá el director durante la duración del proyecto. En general, describe diferentes aspectos, como necesidades, metas y resultados. También se identifican los riesgos, requisitos y supuestos. Finalmente, se fijan fechas importantes en el proyecto.

El acta debe ser preparada por el director del proyecto. En este caso, será la persona responsable de desarrollar e implementar el plan de mantenimiento de la empresa. A continuación se muestra el desarrollo del acta para el presente proyecto.

Figura 15

Acta de constitución

Información del proyecto

Datos

Empresa / Organización	Sunher Royal S.A.S.
Proyecto	Propuesta De Modelo De Plan De Gestión De Proyectos De Mantenimiento Preventivo De La Maquinaria Utilizada En La Empresa Sunher Royal S.A.S Mediante La Metodología PMI.
Fecha de preparación	10/08/2021
Cliente	Sunher Royal S.A.S.
Patrocinador principal	Gerencia Sunher Royal
Gerente de proyecto	Sebastian Mateus

Patrocinador / Patrocinadores

Nombre	Cargo	Departamento / División
Gerardo Reyes	Gerente General	Gerencia

Propósito y justificación del proyecto

El mercado de la construcción es muy competitivo hoy en día, las constructoras están en continua competencia para construir la mayor cantidad de proyectos en el menor tiempo posible, esta competencia se transmite a los proveedores encargados de brindar los insumos necesarios para la construcción.

Uno de los proveedores principales de las constructoras son las empresas encargadas de fabricar la ventanería de los edificios. Estas compiten continuamente por entregar un producto de calidad en un plazo establecido.

Para destacar sobre las demás compañías se deben crear estrategias que permitan mejorar las líneas de producción en cuanto a calidad, eficacia y eficiencia.

Los fabricantes más grandes del mundo cuentan con equipos de trabajo especializados y máquinas automatizadas que mantienen en perfecto estado, permitiéndoles tener un mejor control de la producción y mejorar los tiempos de la misma.

Proponer estrategias para la planeación, ejecución y control de proyectos de mantenimiento permitiría a la empresa tener una guía sobre cómo implementar estos procesos y entregar productos en los tiempos establecidos y con una buena calidad, esto ayudaría a prevenir los retrasos y a generar mayores ganancias.

Descripción del proyecto

El presente proyecto tiene como objetivo proponer un plan de gestión de mantenimiento mediante los lineamientos de la gerencia de proyectos PMI en la empresa Sunher Royal S.A.S.

En él se plantean las actividades, fases y herramientas que se deben utilizar para lograr gestionar de manera correcta el proyecto de plan de mantenimiento que se quiere implementar. Se tuvieron en cuenta las variables tiempo, costo y calidad y la metodología propuesta por el PMI expuesta en el PMBOK

Requerimientos de alto nivel

Requerimientos del producto

- Plan de gestión para el diseño de un plan de mantenimiento
- Programa de mantenimiento
- Cronograma de actividades de mantenimiento.
- Mantenimiento de las máquinas más críticas.
- Desarrollo de hojas de vida de las máquinas.
- Diseño de formatos para el control de los mantenimientos.

Requerimientos del proyecto

- Diagnóstico inicial de la empresa.
- Bajo costo de implementación.
- Tiempo de implementación menor a 6 meses.

Objetivos

General

Elaborar una propuesta de modelo de plan de gestión de proyectos de mantenimiento preventivo de las máquinas de la empresa Sunher Royal S.A.S. mediante la metodología del PMI.

Específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de los proyectos de mantenimiento que tiene la empresa.
- Analizar los puntos críticos del proceso de mantenimiento en la empresa.
- Desarrollar los diferentes planes de gestión que permitan a la empresa optimizar

sus proyectos de mantenimiento.

Riesgos iniciales de alto nivel

- Inclusión de nuevos requerimientos
- Retraso en suministro de repuestos
- Renuncia de miembros del proyecto
- Falta de personal capacitado para ejecutar tareas
- Comunicación deficiente entre miembros del equipo
- Daños irreparables en las máquinas
- Protestas sociales
- Aumento en costos de repuestos
- Riesgos ambientales (desechos inadecuados de aceites, grasas y químicos)
- Presupuesto ajustado
- Tiempo ajustado
- Incumplimiento del cronograma

Presupuesto inicial asignado

Recurso	Descripción	Cantidad	Valor
Recurso humano	Gerente de Proyectos	1	\$30.000/h
	Ingeniero Mecánico	1	\$20.000/h
	Técnico de Mantenimiento	1	\$8.000/h
Equipo y Software	Computador	2	\$3.000.000
	Software de análisis de datos	1	\$5.000.000
Materiales y suministros	Elementos de protección	1	\$1.000.000
	Cronómetro	3	\$150.000
	Herramientas	1	\$3.000.000

Lista de Interesados (stakeholders)

Nombre	Cargo	Departamento / División
Gerardo Reyes	Gerente General	Gerencia
Carlos Gutierrez	Jefe de Producción	Producción
Yesid Romero	Operario de planta	Producción
Jhonny Sierra	Jefe Administrativo	Administrativo
Sebastian Mateus	Líder de Proyecto	N/A
Proveedores	Agente externo	N/A
Entes Regulatorios	Agente externo	N/A

Requisitos de aprobación del proyecto

- Bajo costo de implementación.
- Tiempo de implementación no mayor a 6 meses.
- Riesgos de poco impacto.
- Que sea viable técnica, económica y legalmente.

Asignación del gerente de proyecto y nivel de autoridad

Gerente de proyecto

Nombre	Cargo	Departamento / División
Sebastian Mateus	Gerente de Proyecto	N/a

Aprobaciones

Patrocinador	Fecha	Firma
Gerente General		
Gerardo Reyes		

Nota. Desarrollo del Acta de Constitución realizada junto con los *Stakeholders* más importantes en el proyecto.

Es de resaltar que el líder del proyecto tiene la autonomía de incluir o no cualquiera de los aspectos presentados en esta acta de constitución pues no siempre se va a contar con todos los datos que se piden en ella.

Completada el acta de constitución del proyecto, se procede a desarrollar la planeación. El primer paso es definir cómo se va a trabajar y cómo se van a distribuir las actividades entre cada uno de los trabajadores.

Planeación del proyecto

Cada uno de los trabajadores de la empresa deberá contribuir a la planificación del proyecto de mantenimiento. Para esto deben realizar actividades acordes a su cargo que contribuyan al desarrollo del proyecto.

Deben dividirse por especialidades, por ejemplo, el grupo de operarios será el encargado de recopilar toda la información referente a la maquinaria que usan y su condición actual. El jefe de producción deberá suministrar información acerca de la antigüedad, mantenimientos realizados y tiempo de trabajo de cada una de las máquinas.

Al final, el líder del proyecto deberá recopilar toda esta información, junto con los recursos y duración asociados a estas actividades con el fin de documentarla y obtener la información necesaria para elaborar un cronograma de ejecución.

Antes de comenzar a realizar cualquier actividad, se debe definir cómo se va a controlar el alcance del proyecto, de tal manera que no haya desviaciones en el transcurso del desarrollo.

Plan Gestión del Alcance

Gracias al acta de constitución, se obtuvo información importante que permite desarrollar un plan de gestión del alcance eficiente. Para esto se debe empezar por recopilar los requerimientos.

Requerimientos

Los requerimientos del proyecto se recopilan a través de entrevistas encuestas a los interesados del proyecto con el fin de identificar qué es lo que se espera conseguir al finalizar. Después de esto se hace una validación para filtrar aquellos requisitos que no aportan o no tienen que ver con la ejecución del proyecto y se escogen los que si son aplicables. Entre los requerimientos identificados se encuentran:

Plan de gestión para desarrollar un plan de mantenimiento

Diseño de hojas de vida de máquinas.

Calendario de actividades de mantenimiento.

Mantenimiento de máquinas críticas.

Desarrollo de formatos para control de mantenimientos.

Rutina de mantenimiento

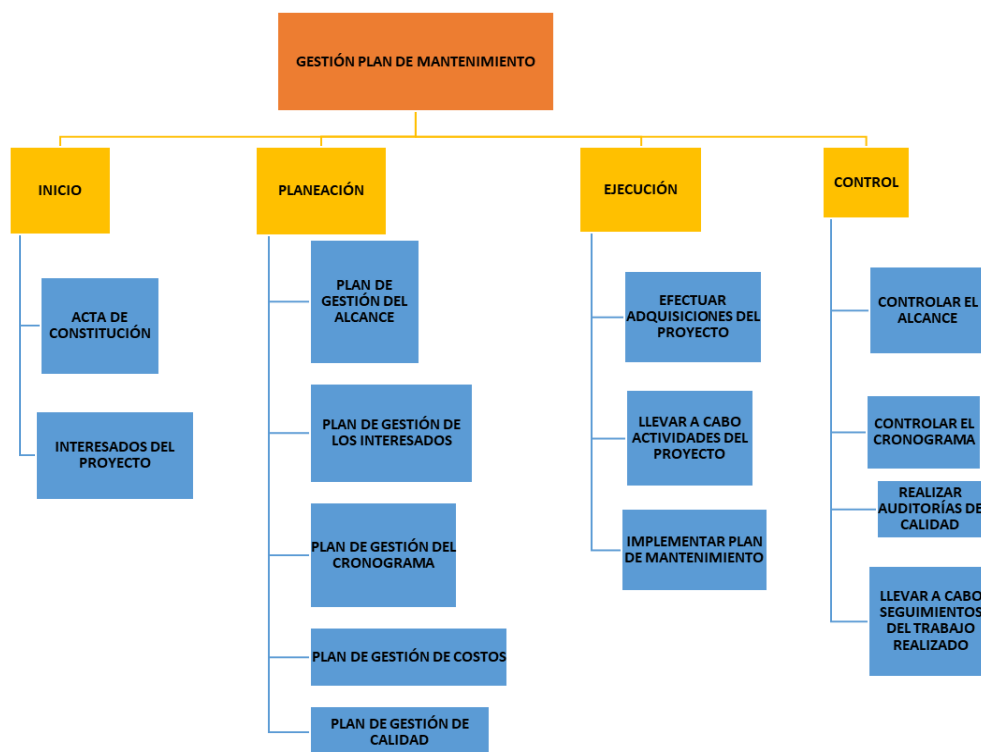
Para cumplir con dichos requerimientos, es necesario crear paquetes de trabajo con el fin de desarrollar cada uno de los temas de manera ordenada. Para esto se desarrolla el EDT o WBS.

EDT/WBS

El *Work Breakdown Structure* permite completar una representación gráfica del desglose jerárquico de los paquetes de trabajo. Como resultado, el proyecto se puede presentar de una manera más descriptiva y sencilla, donde las actividades se desglosan en diferentes niveles.

Figura 16

EDT



Nota. División del proyecto en paquetes de trabajo para facilitar su planeación

En conclusión, el proyecto se dividió en 4 fases que serán ejecutadas en un orden específico teniendo en cuenta los requerimientos identificados.

Plan de Gestión de Interesados

En la sección anterior se presentaron las actividades más importantes que se van a realizar durante el transcurso del proyecto. Gracias a la EDT se facilita la identificación de los interesados del proyecto, los cuales deben ser gestionados para garantizar el éxito del proyecto.

En esta sección se desarrolla el plan para gestionar los interesados.

Identificación de interesados

Para identificar plenamente los interesados, el líder del proyecto debe usar la información recolectada en el acta de constitución. A continuación, en la tabla 2 se muestra la lista de interesados.

Figura 17

Interesados del proyecto

DATOS				COMPROMISO DE INTERESADOS DEL PROYECTO				MATRIZ INFLUENCIA VS. INTERÉS			
CARGO	EMPRESA	ROL EN EL PROYECTO	INTERESES Y/O EXPECTATIVAS	DESCONOCE	SE RESISTE	NEUTRAL	APOYA	LÍDER	NIVEL DE INFLUENCIA	NIVEL DE INTERÉS	
Gerente General	Sunher Royal	Patrocinador	Mejorar procesos productivos								
			Sostenibilidad en el mercado				D	X	A	A	
			Satisfacción de los clientes								
			Rentabilidad								
Jefe de Producción	Sunher Royal	Líder de equipo	Optimizar procesos productivos								
			Disminuir paradas de equipos								
			Optimización de recursos			X		D	A	A	
Operario de Planta	Sunher Royal	Operario	Recibir capacitación								
			Optimizar su trabajo	X			D		B	B	
			Conservar el empleo								
Jefe Administrativo	Sunher Royal	Apoyo	Optimizar compras								
			Contratación idónea y capacitación	X				D	B	B	
Líder de Proyecto	Desarrollo de Proyecto	Líder de Proyecto	Cumplimiento de cronograma de proyecto			X		D	A	A	
Proveedores	De repuestos, herramientas, equipos, mantenimiento	Agente Externo	Remuneración económica por venta de productos / servicios	X				D	A	B	
Entes Regulatorios	Relacionados	Agente Externo	Cumplimiento de normatividad aplicable			X		D	A	B	
			Normatividad ambiental								
Convenciones:											
Compromiso: X: Actual ; D: deseado											
Nivel de Influencia / Nivel de Interés: A: Alto; B: Bajo											
Estrategias: Gestionar de cerca (A-A); Mantener satisfecho (A-B); Informar (B-A); Monitorear (B-B)											

Nota. La tabla muestra a todos los interesados involucrados en el proyecto, así como sus expectativas, compromiso y poder de influencia en el mismo

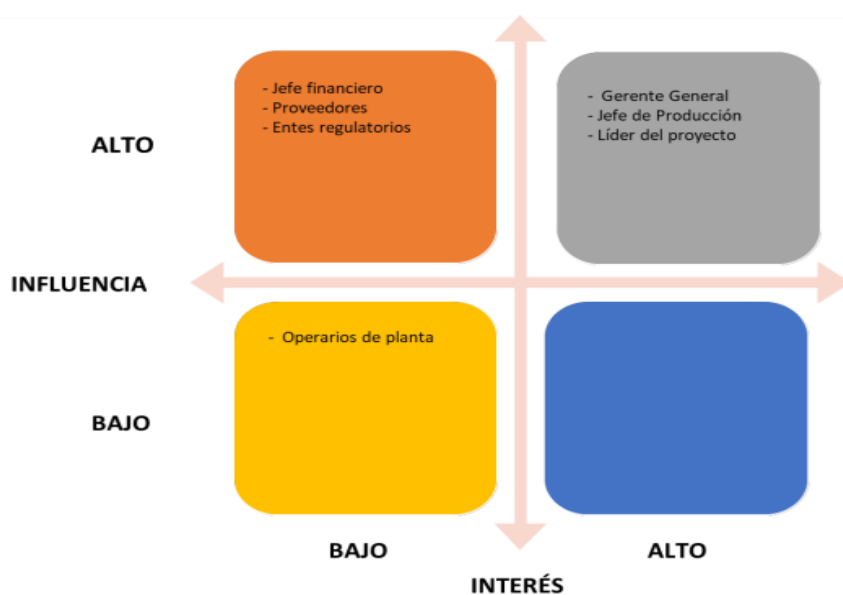
La tabla anterior permite identificar claramente el interés e influencia de cada uno de los interesados. Utilizando esta información se muestra a continuación la Matriz de interés vs influencia.

Matriz Interés vs Influencia

La matriz facilita la identificación de los interesados con el tipo de característica que estos tienen. De esta manera se ordenan y se identifican los *Stakeholders* más importantes del proyecto.

Figura 18

Matriz Interés vs Influencia



Nota. El presente gráfico se obtiene a partir de la tabla de los interesados del proyecto. Se clasifican los interesados de acuerdo a su interés y poder de influencia en el proyecto con el fin de identificar los planes de gestión para cada uno de ellos.

Habiendo identificado plenamente a los interesados, su poder de influencia e interés, se procede a desarrollar el plan de gestión de interesados que está conformado por estrategias de seguimiento a cada uno de ellos.

Figura 19

Matriz Gestión de Interesados

PLAN DE GESTIÓN DE INTERESADOS				
ESTRATEGIA		IMPACTO POSITIVO	IMPACTO NEGATIVO	ESTRATEGIAS A IMPLEMENTAR
A-A	Gestionar de cerca	Apoyo proyecto	Retrasos en ejecución de actividades	Presentar avances para garantizar el presupuesto
		Aprobación de presupuesto	Retrasos en aprobación de presupuesto	Apoyo en decisiones
		Toma de decisiones	Decisiones erróneas	
A-A	Gestionar de cerca	Gestión adecuada de los recursos del proyecto	Decisiones inadecuadas	Presentar informes y avances del proyecto
		Motivar al equipo de trabajo	Falta de seguimiento	Seguimiento a actividades
B-B	Monitorear	Realizar actividades de producción	Atrasos en las actividades de producción y mantenimiento	Cumplimiento de las ordenes de trabajo y de mantenimiento
B-B	Monitorear	Negociaciones óptimas de insumos para el proyecto	Demoras en órdenes de compra	Cumplimiento procedimientos solicitud compras
		Apoyo en la contratación y/o capacitación	Demoras en la contratación y/o capacitación del personal	Cumplimiento procedimientos requerimientos de personal
A-A	Gestionar de cerca	Cumplimiento de los objetivos	No culminar las metas / responsabilidades definidas	Seguimiento al cronograma de proyecto Verificación de objetivos
A-B	Mantener satisfecho	Suministrar productos de alta calidad Entregar oportunamente	Demoras en la entrega de productos, insumos o servicios	Seguimiento a tiempos de entrega
A-B	Mantener satisfecho	Aprobar planes de aplicación normativa	Afectar la ejecución de actividades por incumplimientos normativos	Mantener informados a los entes regulatorios

Nota. De acuerdo con el interés y poder de influencia de cada interesado, se generan planes de gestión para cada uno de ellos y se analizan los impactos positivos y negativos que pueden presentarse.

El plan de gestión de interesados evidencia que existen 7 *Stakeholders* de los cuales la mitad tiene un interés alto pero poca influencia y la otra mitad tienen un interés e influencia altos.

Con la información recopilada en las secciones anteriores, se procede a crear el plan para la gestión del cronograma. Para esto, se debe trabajar con todos los interesados del proyecto y definir fechas específicas para entrega de resultados.

Plan de Gestión del Cronograma

Para gestionar el tiempo del proyecto, deben completarse una serie de actividades que deben tener una herramienta para ejecutarlas y un responsable. Dichas actividades tendrán la función de controlar la manera en que se desarrollará el cronograma.

Tabla 2*Metodología para diseñar el cronograma*

Actividad	Observaciones	Herramientas	Participantes
Definir actividades	Desglosar paquetes de trabajo de la WBS a nivel de actividades	Descomposición, juicio de expertos, proyectos similares	Profesionales de cada especialidad
Secuenciar actividades	Determinar relaciones lógicas y tipos de precedencia		
Estimar recursos para las actividades	Estimar los rendimientos de cada actividad relevante indicando la justificación y los recursos del personal, equipos y material requeridos (unidad de medida y cantidad)	Juicio de expertos	Profesionales de cada especialidad
Estimar duración para las actividades	Estimar la duración de cada actividad considerando rendimientos de los recursos, disponibilidad y calendario. La duración más probable para cada actividad será la que se registre en el cronograma.	Juicio de expertos, duración de actividades en proyectos similares.	Equipo del proyecto
Desarrollar cronograma	Considerar supuestos y restricciones asociadas al tiempo, usar calendario base de 7 días, cargar en Microsoft Project. Dentro del cronograma se debe definir la reserva administrativa del 20% establecido de acuerdo a la experiencia obtenida por la Coordinación de Mantenimiento en proyectos similares	Microsoft Project	Líder del Proyecto

Nota. Se explican los pasos a seguir para desarrollar correctamente el cronograma del proyecto.

Tomado de Plan De Gestión De Proyectos De Mantenimientos Mayores De Equipos En Las Estaciones De Bombeo De Ecopetrol S.A. (Duarte & Díaz, 2015)

Actividades del proyecto

Inicio. Realizar acta de constitución y realizar lista de interesados

Planeación. Fijar objetivos, identificar requerimientos del proyecto, desarrollar EDT, realizar plan de gestión de interesados, determinar presupuesto del proyecto y definir estándares de calidad.

Ejecución. Definir planes de limpieza, ejecutar capacitaciones, diseñar formatos para el desarrollo y evaluación de actividades, elaborar métodos de mantenimiento y detallar cronograma de realización de mantenimientos.

Monitoreo. Hacer controles de calidad y realizar mediciones de tiempo y costo

Cierre. Informe conclusivo y acta de entrega.

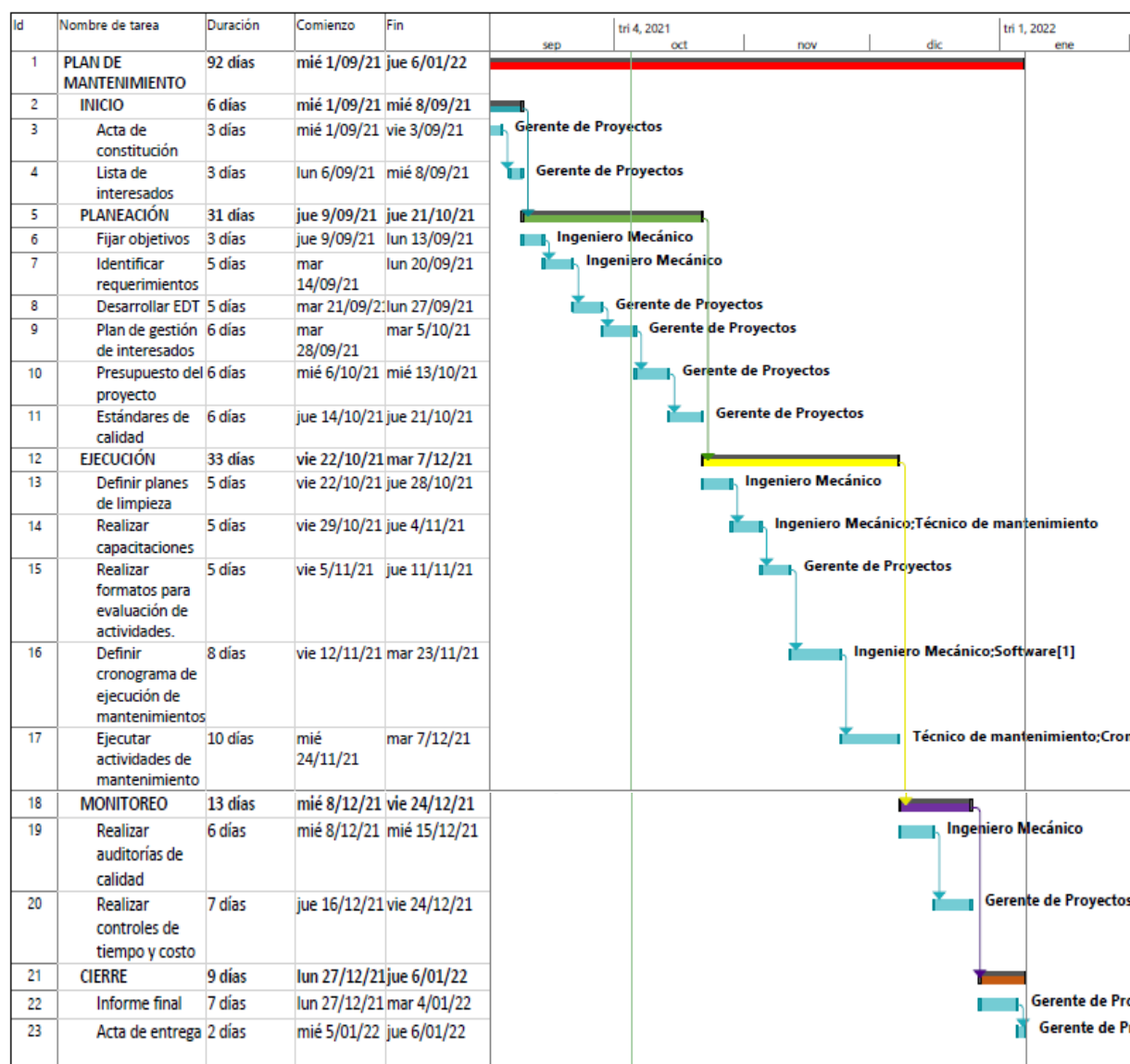
Ahora se tiene la base para construir el cronograma del proyecto, lo cual se hará con ayuda del software Microsoft Project.

Cronograma del Proyecto

El cronograma debe incluir cada una de las actividades identificadas anteriormente, en un orden lógico y con duración y fechas de ejecución.

Figura 20

Cronograma del proyecto



Nota. Distribución de actividades en el cronograma del proyecto

Se debe tener en cuenta que no solo basta con tener el cronograma, también se deben tener herramientas de control que permitan llevar un seguimiento y que sirvan para detectar si se está o no cumpliendo con lo plasmado.

Control del cronograma

El control del progreso del proyecto se lleva a cabo durante la ejecución. Se trata de realizar un seguimiento de las acciones hechas y verificar el cronograma de actividades sugeridas para ver si avanza, retrocede o está a tiempo. El responsable de dicho control será el líder del proyecto utilizando el software Project para verificar el avance y analizar indicadores de gestión. Además, se deben instaurar tolerancias de desviación del cronograma con el fin de tomar acciones correctivas en caso de que la ejecución no esté yendo de acuerdo a lo planeado.

Tabla 3

Tolerancia de desviación del cronograma

Tolerancia	Categoría	Plan de Respuesta
0%-10%	Bajo	Analizar las causas con el personal técnico y definir un plan de acción para corregir la desviación
11%-19%	Media	El líder del proyecto deberá realizar seguimiento diario al trabajo del proyecto y evaluar la implementación de medidas correctivas
>20%	Alta	El líder del proyecto determinará las acciones correctivas a realizar y presentará la solicitud de cambio al comité.

Nota. Índices de tolerancia a la desviación del cronograma durante el desarrollo del proyecto.

Tomado y adaptado de (Duarte & Díaz, 2015)

El plan de gestión del cronograma sirvió para identificar cada una de las actividades que se van a ejecutar y establecer la línea base de tiempo del proyecto y se establecieron índices de tolerancia para llevar un control del proceso.

Además, cada una de las actividades del proyecto tiene un costo asociado el cual se debe tener en cuenta para poder desarrollar el presupuesto. En la siguiente sección se presenta la manera en que se calculó el costo del proyecto.

Plan de Gestión de los costos

En la sección anterior se estableció el cronograma del proyecto, el cual es la base para calcular los costos y su gestión. La gestión de costos del proyecto se encarga primordialmente del costo de los recursos que se necesitan para llevar a cabo las actividades planificadas. Sin embargo, también se debe considerar el impacto de las decisiones del proyecto sobre el costo de uso, mantenimiento y soporte de un producto, servicio o resultado.

Gestionar los costes tiene en cuenta las necesidades de información de los interesados en el proyecto. Diferentes partes interesadas evaluarán los costos de otras formas y en otros momentos. En algunos proyectos, especialmente los más pequeños, el costo y el presupuesto están tan estrechamente relacionados que se consideran un proceso que puede realizar una sola persona en un tiempo relativamente corto. (Project Management Institute, 2017)

Presupuesto del proyecto

Para presupuestar un proyecto, es necesario considerar los recursos necesarios para su planificación y ejecución. Cabe aclarar que este es un presupuesto estimado, pues puede haber variaciones durante la ejecución del proyecto que pueden afectar el presupuesto. Por ejemplo, no se sabe con certeza la cantidad de repuestos que toque cambiar ni su valor en el mercado. Por lo tanto, es necesario ir actualizando el presupuesto a medida que se avanza en la ejecución. En este caso se necesita:

Figura 21*Costos del proyecto*

Recurso	Descripción	Cant	Valor (COP)
Recurso humano	Gerente de Proyectos	1	\$ 30.000/h
	Ingeniero Mecánico	1	\$ 20.000/h
	Técnico de mantenimiento	1	\$ 8.000/h
Equipo y Software	Computador	2	\$ 3.000.000
	Software de análisis de datos	1	\$ 5.000.000
Materiales y suministros	Elementos de protección	1	\$ 1.000.000
	Cronómetro	3	\$ 150.000
	Herramientas	1	\$ 3.000.000

Nota. Se presentan los recursos necesarios para desarrollar el proyecto.

El software Microsoft Project se registran los costos para cada recurso y se estima el valor total del proyecto junto con el costo cada una de las actividades presentadas en el cronograma. El presupuesto para este caso se estipuló en \$26.230.000 el cual se puede ver en la tabla 7.

Figura 22

Presupuesto del proyecto

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Costo
1	PLAN DE MANTENIMIENTO	92 días	mié 1/09/21	jue 6/01/22	\$ 26.230.000,00
2	INICIO	6 días	mié 1/09/21	mié 8/09/21	\$ 1.440.000,00
3	Acta de constitución	3 días	mié 1/09/21	vie 3/09/21	\$ 720.000,00
4	Lista de interesados	3 días	lun 6/09/21	mié 8/09/21	\$ 720.000,00
5	PLANEACIÓN	31 días	jue 9/09/21	jue 21/10/21	\$ 6.800.000,00
6	Fijar objetivos	3 días	jue 9/09/21	lun 13/09/21	\$ 480.000,00
7	Identificar requerimientos	5 días	mar 14/09/21	lun 20/09/21	\$ 800.000,00
8	Desarrollar EDT	5 días	mar 21/09/21	lun 27/09/21	\$ 1.200.000,00
9	Plan de gestión de interesados	6 días	mar 28/09/21	mar 5/10/21	\$ 1.440.000,00
10	Presupuesto del proyecto	6 días	mié 6/10/21	mié 13/10/21	\$ 1.440.000,00
11	Estándares de calidad	6 días	jue 14/10/21	jue 21/10/21	\$ 1.440.000,00
12	EJECUCIÓN	33 días	vie 22/10/21	mar 7/12/21	\$ 13.190.000,00
13	Definir planes de limpieza	5 días	vie 22/10/21	jue 28/10/21	\$ 800.000,00
14	Realizar capacitaciones	5 días	vie 29/10/21	jue 4/11/21	\$ 1.120.000,00
15	Realizar formatos para evaluación de actividades.	5 días	vie 5/11/21	jue 11/11/21	\$ 1.200.000,00
16	Definir cronograma de ejecución de mantenimientos	8 días	vie 12/11/21	mar 23/11/21	\$ 6.280.000,00
17	Ejecutar actividades de mantenimiento	10 días	mié 24/11/21	mar 7/12/21	\$ 3.790.000,00
18	MONITOREO	13 días	mié 8/12/21	vie 24/12/21	\$ 2.640.000,00
19	Realizar auditorías de calidad	6 días	mié 8/12/21	mié 15/12/21	\$ 960.000,00
20	Realizar controles de tiempo y costo	7 días	jue 16/12/21	vie 24/12/21	\$ 1.680.000,00
21	CIERRE	9 días	lun 27/12/21	jue 6/01/22	\$ 2.160.000,00
22	Informe final	7 días	lun 27/12/21	mar 4/01/22	\$ 1.680.000,00
23	Acta de entrega	2 días	mié 5/01/22	jue 6/01/22	\$ 480.000,00

Nota. Presupuesto del proyecto obtenido con ayuda del programa Project y con el valor de cada recurso.

Herramientas de control de costos

Para un correcto control de costos se debe establecer una frecuencia de medición de estos. Se puede fijar una frecuencia semanal para verificar la desviación y tomar acciones correctivas si es necesario.

Análisis del Valor Ganado (EV). El análisis del valor ganado compara las mediciones de rendimiento de referencia con los cronogramas y costos reales. Así, utilizando el cronograma y el costo de cada actividad, será posible comparar el costo del trabajo realizado en un punto en particular (AC) con el costo planificado (PV), y controlar si el progreso está siendo lento o más rápido de lo planificado. Para saber esto se determina la variación del cronograma (SV) y la del costo (CV).

$$SV = EV - PV \quad (1)$$

$$CV = EV - AC \quad (2)$$

$$EV = \% \text{ Ejecutado} \times \text{Presupuesto total} \quad (3)$$

Si SV es menor a cero, indica que el proyecto está retrasado respecto a lo planificado.

Si CV es menor a cero, indica que se ha gastado más de lo presupuestado.

A continuación se muestra un ejemplo de la ejecución de esta herramienta. Con ayuda del costo de cada actividad y el cronograma, se compara el valor de todas las actividades realizadas hasta un punto determinado con el valor presupuestado y se comprueba si el avance es más rápido o más lento.

Figura 23*Actividades ejecutadas - Análisis del valor ganado*

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Costo
1	PLAN DE MANTENIMIENTO	92 días	mié 1/09/21	jue 6/01/22	\$ 26.230.000,00
2	INICIO	6 días	mié 1/09/21	mié 8/09/21	\$ 1.440.000,00
3	Acta de constitución	3 días	mié 1/09/21	vie 3/09/21	\$ 720.000,00
4	Lista de interesados	3 días	lun 6/09/21	mié 8/09/21	\$ 720.000,00
5	PLANEACIÓN	31 días	jue 9/09/21	jue 21/10/21	\$ 6.800.000,00
6	Fijar objetivos	3 días	jue 9/09/21	lun 13/09/21	\$ 480.000,00
7	Identificar requerimientos	5 días	mar 14/09/21	lun 20/09/21	\$ 800.000,00
8	Desarrollar EDT	5 días	mar 21/09/21	lun 27/09/21	\$ 1.200.000,00
9	Plan de gestión de interesados	6 días	mar 28/09/21	mar 5/10/21	\$ 1.440.000,00
10	Presupuesto del proyecto	6 días	mié 6/10/21	mié 13/10/21	\$ 1.440.000,00
11	Estándares de calidad	6 días	jue 14/10/21	jue 21/10/21	\$ 1.440.000,00
12	EJECUCIÓN	33 días	vie 22/10/21	mar 7/12/21	\$ 13.190.000,00
13	Definir planes de limpieza	5 días	vie 22/10/21	jue 28/10/21	\$ 800.000,00
14	Realizar capacitaciones	5 días	vie 29/10/21	jue 4/11/21	\$ 1.120.000,00

Nota. Actividades, fechas y presupuesto planificado hasta el momento en que se realizó en análisis de valor ganado

Como se puede ver en la figura 21, la duración total del proyecto estaba presupuestada en 92 días y hasta la actividad “Realizar capacitaciones” se esperaba que hubieran pasado 47 días, lo cual efectivamente se cumplió. Además, para esa fecha se habían gastado \$10.875.000, es decir, se tenía un avance del 41% respecto a los costos.

$$EV = 41\% \times \$26.230.000 = \$10.754.300$$

$$AC = \$10.875.000$$

$$CV = \$10.754.300 - \$10.875.000 = - \$120.700$$

$$\%CV = CV/EV = 1.12\%$$

Ya que CV era menor a cero, se pudo evidenciar que se había gastado más de lo presupuestado y que esa variación era del 1.12%.

Si bien la diferencia respecto a lo planificado no es significativa, se tomaron acciones correctivas para lograr cerrar esa diferencia. Por ejemplo, se habló con los trabajadores de la planta y se encontró que algunos de ellos no habían entendido completamente las capacitaciones y por lo tanto estaban realizando las labores de limpieza de una manera poco eficiente, lo que aumentó los gastos en insumos para realizar dichas labores. Se reforzó el entrenamiento en estas personas y se comenzó a controlar el gasto por persona de los insumos de limpieza.

Diagrama de Gantt. Permite comprobar si las operaciones realizadas corresponden con lo reflejado en la programación. Se puede ver la duración de las actividades, su fecha de comienzo y terminación.

En esta sección se puede concluir que existe una gran variedad de herramientas para controlar los costos del proyecto. Algunas tienen en cuenta lo gastado vs lo planificado y otras analizan el porcentaje de avance del cronograma respecto a lo planeado. Además, es difícil planificar con exactitud el costo final pues durante el proceso de ejecución surgirán diferentes variables que afectaran el presupuesto, es en este punto donde las herramientas de control cobran gran importancia

Hasta el momento son muchas las variables a tener en cuenta para la correcta planificación y desarrollo del proyecto. Sin embargo, no es suficiente con planificar el cronograma, los costos, la gestión de interesados y el alcance si no se planifica y controla a su vez la calidad de cada uno de estos procesos. Es por esto que a continuación se presenta el plan de gestión de calidad para el proyecto.

Plan Gestión de la calidad

Las secciones anteriores se diseñaron las bases sobre las cuales se va a desarrollar el proyecto. Ahora es momento de controlar la calidad de su ejecución. Se deben identificar y documentar métricas de control y la calidad se debe planificar, diseñar e incorporar con antelación a la ejecución del proyecto.

Figura 24

Métricas de calidad

Métrica	Forma de calcular	Frecuencia	Meta	Acción
Cronograma	Variación del cronograma (SV)	Mensual	Variación menor o igual al 5%	Si la variación es mayor a 5%, se realizarán ajustes a la programación y se evaluará contratación de personal
Presupuesto	Variación del costo (CV)	Mensual	Variación menor o igual al 5%	Evaluar si la facturación está atrasada o se han malgastado recursos.
Calidad del servicio	Encuestas	Mensual	95% de satisfacción	Si el % es menor a 95, se debe hablar con los stakeholders del proyecto para aclarar dudas o inconformidades
Cumplimiento de rutinas de mantenimiento	Listas de chequeo	Mensual	95% de los mantenimientos realizados	Si la cantidad de mantenimientos realizados es menor al 95% se debe alcanzar el 100% de las rutinas en el siguiente mes.
MTBF (Tiempo Medio Entre Fallos)	# Horas de trabajo en buen estado/# de averías	Mensual	640 horas de trabajo sin presencia de fallas	En caso de no cumplir la meta, se debe replantear la frecuencia de las rutinas de mantenimiento
CMF (Costo de mantenimiento sobre facturación)	Costo total de mantenimiento/ Facturación en bruto	Mensual	$\leq 2\%$	Si el costo de mantenimiento sobre la facturación es mayor al 2%, se debe evaluar la posibilidad de aumentar el precio final de los productos.

Nota. En esta tabla se presentan los indicadores de calidad y los valores mínimos que se deben cumplir durante el desarrollo del proyecto.

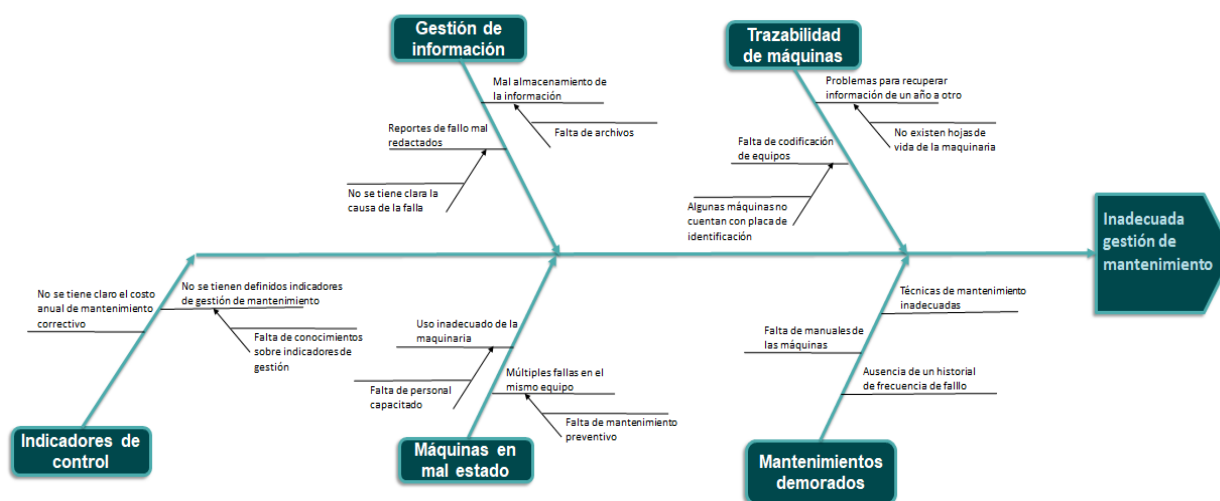
Herramientas de control de calidad

Durante todas las etapas del desarrollo del proyecto se lleva a cabo el control de calidad a través de listas de verificación, informes, revisiones y reuniones de control. De esta forma, se verifican los resultados de cada plan de gestión y se toman acciones de contención, corrección y mejora necesarias para realizar cambios o actualizaciones al proyecto. Entre las herramientas utilizadas se encuentran:

Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto). Cualquier detalle que aporte calidad al proyecto es consecuencia de múltiples causas. Es por esto que el diagrama de causa y efecto permite identificar fallas y los factores que las desencadenan. En el siguiente gráfico se presenta el esquema realizado durante la ejecución de este proyecto:

Figura 25

Diagrama Causa-Efecto



Nota. Análisis de las causas de una inadecuada gestión de mantenimiento

Gráfico de Pareto. Este es un gráfico que organiza los datos en orden descendente de izquierda a derecha y está separado por columnas. Este permite priorizar los problemas al definir que el 80% de los problemas se revuelven corrigiendo el 20% de las causas. Un ejemplo de esta herramienta utilizada en el proyecto se puede evidenciar en la figura 13 del presente documento.

Es de subrayar que la planificación de un proyecto tiene que ver en gran parte con su éxito siempre y cuando se haya diseñado de la manera correcta. Sin embargo, siempre se van a presentar contratiempos que entorpecen el correcto desarrollo del mismo y es por esto que se deben tener en cuenta estos riesgos y generar planes de mitigación. A continuación se presenta el plan para la gestión de riesgos.

Plan de Gestión de Riesgos

En todo proyecto es indispensable planificar los riesgos que pueden haber para mantener a todo el equipo preparado y lograr sortearlos con éxito. Cuando se conocen los riesgos latentes es posible fijar objetivos para el proyecto que sean razonables y puedan cumplirse.

Por muy buena que sea la fase de planificación y se hayan tenido en cuenta todos los aspectos posibles, los entornos y ámbitos en los que se desarrollan los proyectos propician a que siempre haya cierto margen de error o incertidumbre y estos se presentan como riesgos.

Por eso, lo primero que se debe tener clara es la definición de riesgo, el cual es cualquier modificación en el entorno que pueda influir sobre el proyecto que se está desarrollando. Posteriormente, es necesario identificarlos, analizarlos y crear planes de mitigación en caso de que estos se presenten.

La manera más eficiente de mitigar los riesgos es realizar una planificación eficiente. Se debe tener una perspectiva realista y jamás menospreciarlos pues hasta el más mínimo

imprevisto puede resultar en un cambio grande en el cronograma o en el presupuesto del proyecto.

Identificación de riesgos

La manera más eficiente que permite identificar los riesgos es avisar a todos los integrantes del proyecto, pues dependiendo del área donde trabajen, pueden detectar riesgos que otros no. Las encuestas, entrevistas y reuniones son algunas de las técnicas que se pueden emplear para identificar riesgos latentes.

Riesgos del Alcance. Durante el desarrollo del proyecto pueden surgir cambios que afecten el alcance del proyecto. Un ejemplo sería la inclusión de las máquinas utilizadas para la elaboración de ventanas en aluminio, las cuales no están contempladas en este proyecto pero poseen los mismos problemas de las máquinas usadas en PVC.

Riesgos de Planificación. Una planificación adecuada debe cubrir todos los escenarios posibles y tratar se anticiparse a ellos. Se debe analizar su probabilidad e impacto respecto al escenario ideal. Por ejemplo, el retraso en el suministro de repuestos puede afectar la planificación del cronograma.

Riesgos de Recursos. Los mercados están cambiando y los precios de los recursos o de la mano de obra pueden afectarse con el tiempo. También la disponibilidad es una variable que puede afectar los recursos del proyecto. En este caso, si el presupuesto es ajustado y no se puede variar en gran medida, el líder del proyecto debe prescindir de aquellos recursos que no aporten o no impacten de gran manera al proyecto y tratar de aprovechar y optimizar al máximo los recursos con los que se queda. Un ejemplo puede ser la renuncia de alguno de los miembros del proyecto, esto puede generar cambios drásticos en la planificación y obliga a tratar de compensar esa pérdida o utilizar tiempo valioso para buscar a esa persona.

Riesgos Tecnológicos. Hoy en día en la gestión de proyectos es muy común el uso de software para facilitar la planificación, ejecución y control de un proyecto. Por ejemplo, en este se usó el software Microsoft Project para planificar los costos y el cronograma. Un riesgo claro puede ser la falta de personal capacitado para el uso de software especial o licencias vencidas de estos.

Riesgos de Desempeño. Por alguna razón, el proyecto puede ralentizar su productividad y causar retrasos en el progreso. Esto podría deberse a una falta de comunicación el equipo o a plazos muy ajustados. Entre los riesgos asociados al proyecto se tienen:

Incorporación de nuevos requisitos

Entrega tardía de repuestos

Renuncia de los participantes del proyecto

Falta de personal capacitado para realizar las tareas

Mala comunicación entre los miembros del equipo

Daños irreversibles a la maquinaria

Protesta social

Mayor costo de repuestos

Peligros ambientales (eliminación inadecuada de aceites, grasas y productos químicos)

Bajo presupuesto

Tiempo muy justo

Incumplimiento del cronograma

Análisis de riesgos

Se puede utilizar un análisis cualitativo por medio de matrices de impacto y probabilidad. Esta matriz permite determinar de forma sencilla la probabilidad de que se materialice alguno de los riesgos anteriores y su consecuencia para el proyecto. De esta manera se identifican los que más necesitan ser monitorearse y los que se podrían convertir en amenaza para el proyecto. Al final, se deben implementar planes de reducción de riesgos y tomar medidas de prevención.

Figura 26

Matriz impacto y probabilidad

Probabilidad	Impacto				
	Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico
	1	2	3	4	5
E (RARO) 1	1. Zona de riesgo baja	2. Zona de riesgo baja	3. Zona de riesgo moderada	4. Zona de riesgo alta	5. Zona de riesgo alta
D (improbable) 2	2. Zona de riesgo baja	4. Zona de riesgo baja	6. Zona de riesgo moderada	8. Zona de riesgo alta	10. Zona de riesgo extrema
C (moderado) 3	3. Zona de riesgo baja	6. Zona de riesgo moderada	9. A: Zona de riesgo alta	12. Zona de riesgo extrema	15. Zona de riesgo extrema
B (probable) 4	4. Zona de riesgo moderada	8. Zona de riesgo alta	12. A: Zona de riesgo alta	16. Zona de riesgo extrema	20. Zona de riesgo extrema
A (casi certeza) 5	5. Zona de riesgo alta	10. Zona de riesgo alta	15. Zona de riesgo extrema	20. Zona de riesgo extrema	25. E: Zona de riesgo extrema

Nota. La matriz permite identificar en que zona se encuentran los riesgos identificados anteriormente ordenándolos por zonas bajas, moderadas, altas o extremas.

Aplicando la matriz de probabilidad e impacto a los riesgos identificados anteriormente, se obtienen los siguientes resultados:

Figura 27

Evaluación de riesgos

RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO	CALIFICACIÓN
Entrega tardía de repuestos	4	4	16
Bajo presupuesto	4	4	16
Mala comunicación entre los miembros del equipo	4	3	12
Tiempo muy justo	4	3	12
Incumplimiento del cronograma	3	3	9
Incorporación de nuevos requisitos	2	4	8
Mayor costo de repuestos	3	2	6
Peligros ambientales (eliminación inadecuada de aceites, grasas y productos químicos)	3	2	6
Renuncia de miembros del proyecto	1	5	5
Daños irreversibles a la maquinaria	1	5	5
Falta de personal capacitado para realizar tareas	1	3	3
Protesta social	1	2	2

Nota. La tabla muestra los resultados de la evaluación de los riesgos del proyecto.

De acuerdo con la matriz de evaluación de riesgos, los esfuerzos deben centrarse en reducir los riesgos en las zonas roja y naranja. El resto de riesgos, si bien pueden afectar en la ejecución del proyecto, no son significativos debido a que su impacto es insignificante y la probabilidad de ocurrencia es baja.

Planificación respuesta ante riesgos

Teniendo en cuenta el análisis de riesgos realizados, es importante decidir qué se debe hacer con ellos en caso de que ocurran. Los riesgos ubicados en las zonas verdes y amarillas, el plan es asumirlos y tratar de mitigarlos de la mejor manera posible.

Zona verde y amarilla:

Falta de personal capacitado para realizar tareas: realizar capacitaciones desde el principio y en el transcurso del proyecto para eliminar las dudas del equipo del proyecto.

Protesta social: estos riesgos deben aceptarse y no se puede hacer nada para reducirlos porque están fuera del alcance del proyecto.

Mayor costo de repuestos: buscar mejores precios y negociar con varios proveedores para intentar conseguir el mejor precio

Peligros ambientales (eliminación inadecuada de aceites, grasas y productos químicos): capacitar a los miembros del equipo y proporcionar receptáculos especiales para desechos potencialmente peligrosos.

Para las zonas naranja y roja el plan es evitar a toda costa estos riesgos o compartirlos entre los miembros del equipo para mitigar al máximo su impacto.

Zona naranja y roja:

Entrega tardía de repuestos: planear la comprar repuestos por adelantado y tener un listado de al menos tres proveedores dispuestos a enviar pedidos.

Mala comunicación entre los miembros del equipo: crear canales de comunicación efectivos y eficientes entre los interesados del proyecto. Compartir tableros de anuncios el equipo, reunirse al menos una vez a la semana y proporcionar informes de progreso periódicos.

Bajo presupuesto: optimizar los recursos del proyecto tanto como sea posible para evitar sobrecostos.

Incumplimiento del cronograma: evaluar continuamente el avance de los trabajos y, en caso de detectar las más mínimas desviaciones en los mismos, concentrar todos los esfuerzos para llevar a cabo acciones que permitan concretar actividades que obstaculicen la ejecución del cronograma.

Incorporación de nuevos requisitos: aclarar desde el inicio que tener en cuenta nuevos requisitos afectará negativamente el progreso y el costo del proyecto.

Renuncia de los participantes del proyecto: recompensar a los miembros del equipo por un buen trabajo y evitar que se vayan.

Daños irreversibles a la maquinaria: conseguir técnicos especialistas en maquinaria para fabricación de ventanería en PVC.

Finalmente, se puede evidenciar que todos los planes de gestión diseñados para el presente proyecto permitieron desarrollar un plan de gestión de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la empresa.

En primer lugar, con el plan de gestión de la integración, se realizó el acta de constitución la cual dio inicio formal al proyecto y permitió recopilar información inicial como los requisitos, interesados, necesidades, objetivos, entregables, etc. Además, se planificó la manera en que se iba a desarrollar el proyecto, dividiendo las actividades por tipo de trabajador. Los operarios, encargados de recopilar información técnica de las máquinas, el jefe de producción se encargó de suministrar datos históricos sobre el mantenimiento y el líder de proyecto se encargó de juntar la información anterior con el fin de planificar recursos, duración y presupuesto del proyecto.

Alcance del proyecto: con el plan de gestión del alcance, se recopilamos los requerimientos de los interesados por medio de encuestas y opiniones de expertos. Además, se creó la EDT para organizar las actividades en paquetes de trabajo para entender de manera más fácil el proyecto.

Gestión de interesados: gracias al plan de gestión de interesados, se obtuvo una lista completa de cada uno de los *Stakeholders* y se creó un plan para su participación. Además, se identificó el nivel de influencia e interés de cada uno de ellos encontrando que las personas con más interés e influencia son el Gerente General, el Jefe de Producción y el Líder del proyecto.

Planificación del cronograma: se identificaron cada una de las actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto y se plasmaron en un cronograma que permitió realizar un seguimiento al desarrollo. Además, se utilizaron herramientas de gestión del cronograma para identificar variaciones en el tiempo de ejecución.

Gestión de costos: con el plan de gestión de costos se calculó el costo aproximado de todo el proyecto y se utilizó la herramienta de análisis de valor ganado para determinar su variación. Se obtuvo una diferencia del 1% respecto a lo presupuestado.

Gestión de calidad: se definieron estándares de calidad, cada uno con una meta propuesta para mantener un alto desempeño en la ejecución del proyecto. Por ejemplo, se estableció una variación máxima permitida de costos y del cronograma. También se establecieron metas para la cantidad de rutinas de mantenimiento realizadas y el tiempo medio entre fallos.

Gestión de riesgos: el plan de gestión de riesgos se utilizó para identificar las amenazas que se podían presentar en el transcurso del desarrollo del proyecto. Se evaluaron los riesgos y se generaron planes de mitigación. Por ejemplo, se encontraron 4 riesgos críticos para el proyecto, los cuales representan el 33% de las amenazas.

Gracias a los planes de gestión, se pudo dar respuesta a la pregunta central de investigación planteada en el problema presentado: ¿De qué manera la metodología PMI podrá aportar en el mejoramiento de la gestión de mantenimiento preventivo en la empresa Sunher Royal S.A.S.?

A continuación se muestra el desarrollo de los planes de mantenimiento, desarrollados con ayuda de un técnico experto en la maquinaria de la empresa, además, teniendo en cuenta los plazos propuestos en el cronograma del proyecto, el presupuesto y los estándares de calidad.

Ejecución

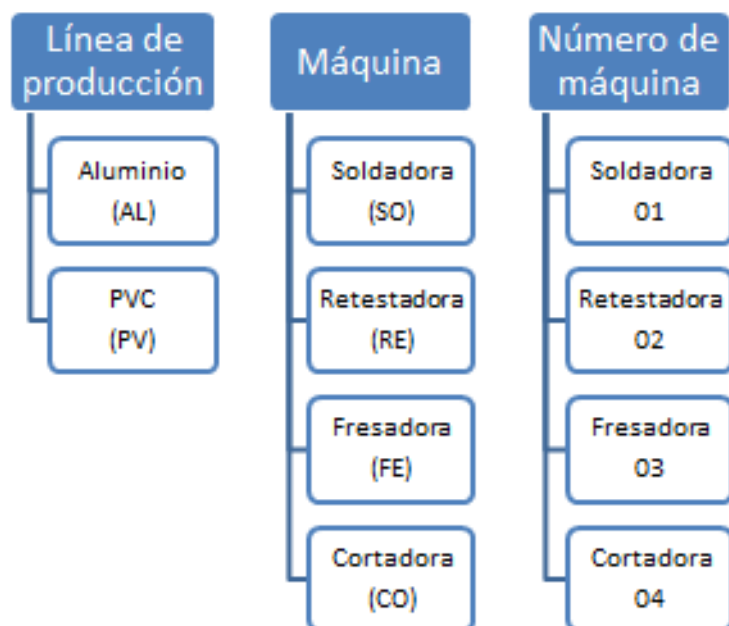
Con ayuda de la planificación realizada en el plan de gestión de las secciones anteriores, se ejecutó el proyecto de manera ordenada, teniendo en cuenta las variables de costo, calidad y tiempo y utilizando las herramientas plasmadas para controlarlas.

Analizando los problemas de la empresa, la cantidad y tipos de máquinas que se manejan, se llegó a la conclusión de que el mantenimiento que se necesitaba planear es de tipo preventivo para la línea de producción de PVC.

Codificación

Lo primero que se debe hacer es codificar los equipos con el fin de identificar correctamente a qué área pertenecen y sus características. Lo anterior sirve para registrarlo en la hoja de vida de cada una de las máquinas y facilitar el seguimiento del mantenimiento correctivo o preventivo.

Existen diferentes métodos de codificación. En este caso se va a utilizar una codificación alfanumérica, en donde el código de la máquina va a estar compuesto por letras y números.

Figura 28*Codificación*

Nota. La ilustración muestra la manera en que se van a codificar las máquinas de la empresa de acuerdo a su línea de producción y tipo.

Tabla 4*Códigos de máquinas*

Código	Máquina	Marca
PV-CO-04	Cortadora doble cabezal	Ozgenic
PV-FE-03	Fresadora	Sinon
PV-RE-02	Retestadora	Mecal
PV-SO-01	Soldadora doble cabezal	Yilmaz

Nota. Resumen de la codificación de cada una de las máquinas de la línea de producción de ventanería en PVC.


Fichas técnicas

Una vez codificada cada máquina, se procede a crear sus fichas técnicas, las cuales servirán para elegir el tipo de mantenimiento que mejor se adapte a cada una. La ficha técnica incluye los datos más relevantes de la máquina, como su código, datos generales, especificaciones y partes críticas.

A continuación, se muestra un ejemplo de ficha técnica para la soldadora de PVC. Las fichas técnicas de las demás máquinas están disponibles en los apéndices del A al C de este documento.

Figura 29

Ficha Técnica Soldador PVC

FICHA TÉCNICA			
Datos Del Equipo		Código	PV-SO-01
Tipo de equipo	Soldadora PVC		
Marca	YILMAZ		
Año de fabricación	1996		
Posee Manual	No		
Dimensiones	4.70x1.70x0.75 m		
Procedencia	China		
Fecha de instalación	2007		
Color	Blanca		
# de serie	DK-502		
Características Técnicas			
Caudal	34 Lt/dak	Angulo de soldadura	90°-180°
Presión	6-8 bar	Peso	720 Kg
Voltaje	230 V	Rngo de temperatura	0°C - 300°C

Nota. Ejemplo de ficha técnica de la máquina soldadora de PVC

Planes de limpieza

Cada máquina cuenta con unas características y partes específicas que requieren de cierto tipo de cuidado y mantenimiento. Para llevar un control y tener un historial de los trabajos realizados, las máquinas deben tener una hoja de vida en donde se registrarán todos los trabajos realizados en ella además, debe haber un plan de inspección y mantenimiento definido para cada una.


Formato Hoja de Vida

En este formato se combina la ficha técnica de la máquina y se le añade un apartado donde se pueda diligenciar la fecha, el trabajo realizado o el daño encontrado, el tiempo de duración del trabajo, quién lo realizó y en qué estado quedó el equipo.

En la siguiente figura se presenta un ejemplo para la hoja de vida de la máquina soldadora. Los formatos de las otras máquinas serán ajuntados como apéndices del D al F.

Figura 30

Formato Hoja de Vida

Hoja De Vida				
Datos Del Equipo		Código	PV-SO-01	
Tipo de equipo	Soldadora PVC			
Marca	YILMAZ			
Año de fabricación	1996			
Posee Manual	No			
Dimensiones	4.70x1.70x0.75 m			
Procedencia	China			
Fecha de instalación	2007			
Color	Blanca			
# de serie	DK-502			
Características Técnicas				
Caudal	34 Lt/dak	Angulo de soldadura	90°-180°	
Presión	6-8 bar	Peso	720 Kg	
Voltaje	230 V	Rngo de temperatura	0°C - 300°C	
Historial				
Fecha	Trabajo realizado o daño encontrado	Duración de intervención	Realizado por	Estado final del equipo

Nota. Ejemplo de una hoja de vida para la máquina soldadora de PVC

Planes de mantenimiento preventivos

En esta sección se muestran los formatos y planes de mantenimiento preventivos para cada una de las máquinas. Este mantenimiento será realizado por un contratista experto en el tema. Este se encargará de traer las herramientas e insumos necesarios para los mantenimientos y/o reparaciones.

Cortadora Doble Cabezal

Figura 31

Mantenimiento preventivo cortadora doble cabezal

Mantenimiento Preventivo Cortadora Doble Cabezal					
Grupo	Rutina	Frecuencia	Programado	Realizado	Observaciones
Discos de corte	Limpiar discos de corte	Diaria			
	Afilar discos de corte	Semestral			
	Cambiar discos de corte	Anual			
Prensa	Limpiar pistones de prensado	Diaria			
	Lubricar pistones	Semanal			
	Calibrar presión de prensado	Mensual			
Tornillos	Ajustar tornillería	Mensual			
	Cambiar tornillos desgastados u oxidados	Anual			
Extractor de polvo	Limpiar ducto de extracción	Cada 2 días			
	Cambiar mangueras de extracción	Anual			
	Ajustar caudal de succión	Bimensual			
	Calibrar presión de aire	Bimensual			
Sistema electrónico	Escanear sistema en busca de fallos	Trimestral			
	Actualizar el software	Anual			
Lubricación	Lubricación de partes móviles	Mensual			
Aceite	Revisar nivel de aceite	Diaria			
	Rellenar aceite	Semestral			
Mangueras	Revisar todas las mangueras hidráulicas y neumáticas	Semanal			
	Cambio de mangueras	Anual			
Filtros	Limpieza de filtros	Trimestral			
	Cambio de filtros	Anual			

Nota. Plan de mantenimiento preventivo para la cortadora doble cabezal en donde se muestra la rutina a realizar y su frecuencia.

Fresadora

Figura 32

Mantenimiento preventivo fresadora

Mantenimiento Preventivo Fresadora					
Grupo	Rutina	Frecuencia	Programado	Realizado	Observaciones
Brocas	Inspeccionar estado	Diaria			
	Cambiar brocas	Mensual			
Prensa	Limpiar pistones de prensado	Diaria			
	Lubricar pistones	Semanal			
	Calibrar presión de prensado	Mensual			
Tornillos	Ajustar tornillería	Mensual			
	Cambiar tornillos desgastados u oxidados	Anual			
Motor	Limpieza de escobillas	Mensual			
	Revisión del nivel de aceite	Semanal			
	Cambio de aceite	Trimestral			
Lubricación	Lubricación de partes mecánicas	Mensual			
Mangueras	Revisar todas las mangueras hidráulicas y neumáticas	Semanal			
	Cambio de mangueras	Anual			

Nota. Plan de mantenimiento preventivo para la fresadora en donde se muestra la rutina a realizar y su frecuencia.

Retestadora

Figura 33

Mantenimiento preventivo retestadora

Mantenimiento Preventivo Retestadora					
Grupo	Rutina	Frecuencia	Programado	Realizado	Observaciones
Rodamientos	Cambio de rodamientos	Anual			
Discos de retesteo	Inspeccionar estado	Diaria			
	Afilar discos	Semestral			
	Cambiar discos	Bianual			
Prensa	Limpiar pistones de prensado	Diaria			
	Lubricar pistones	Semanal			
	Calibrar presión de prensado	Mensual			
Tornillos	Ajustar tornillería	Mensual			
	Cambiar tornillos desgastados u oxidados	Anual			
Motor	Limpieza de escobillas	Mensual			
	Revisión del nivel de aceite	Semanal			
	Cambio de aceite	Trimestral			
Lubricación	Lubricación de partes mecánicas	Mensual			
Mangueras	Revisar todas las mangueras hidráulicas y neumáticas	Semanal			
	Cambio de mangueras	Anual			

Nota. Plan de mantenimiento preventivo para la retestadora en donde se muestra la rutina a realizar y su frecuencia.

Soldadora Doble Cabezal

Figura 34

Mantenimiento preventivo soldadora doble cabezal

Mantenimiento Preventivo Soldadora Doble Cabezal					
Grupo	Rutina	Frecuencia	Programado	Realizado	Observaciones
Planchas	Inspección de estado	Diaria			
	Cambio de papel	Semanal			
	Calibración de velocidad de ascenso y descenso	Mensual			
Freno	Limpieza de sistema de frenado	Mensual			
	Calibración de frenos	Trimestral			
Prensa	Limpiar pistones de prensado	Diaria			
	Lubricar pistones	Semanal			
	Calibrar presión de prensado	Mensual			
Tornillos	Ajustar tornillería	Mensual			
	Cambiar tornillos desgastados u oxidados	Anual			
Termocuplas	Limpieza de termocuplas	Semanal			
	Cambio de termocuplas	Bimestral			
Sistema electrónico	Escanear sistema en busca de fallos	Trimestral			
	Actualizar el software	Anual			
Lubricación	Lubricación de partes móviles	Mensual			
Aceite	Revisar nivel de aceite	Diaria			
	Rellenar aceite	Semestral			
Mangueras	Revisar todas las mangueras hidráulicas y neumáticas	Semanal			
	Cambio de mangueras	Anual			
Filtros	Limpieza de filtros	Trimestral			
	Cambio de filtros	Anual			

Nota. Plan de mantenimiento preventivo para la soldadora doble cabezal en donde se muestra la rutina a realizar y su frecuencia.

Es de destacar que las rutinas diarias y semanales serán realizadas por los operarios de la empresa ya que son procedimientos sencillos que no necesitan de conocimientos y herramientas complejas y por lo tanto no significarán un costo adicional de mantenimiento. Para las rutinas de frecuencia mensual o mayor es necesario el acompañamiento del técnico experto, el cuál será el encargado de ejecutar el mantenimiento.

En este análisis no se incluyen stocks ni gestión de repuestos debido a que el mantenimiento será realizado por una empresa externa y dentro del contrato se especifica que los insumos y materiales para ejecutar las actividades estarán a cargo del contratista y serán remuneradas por parte de la empresa Sunher Royal. Sin embargo, se estima que el mantenimiento mensual de cada máquina está alrededor de \$300.000. Si multiplicamos este valor

por el número de máquinas y después por los meses del año, se calcula que el mantenimiento preventivo anual para las cuatro máquinas será de \$14.400.000.

Por último, se realizó un análisis estadístico para el primer trimestre de 2022 y se comparó con el mismo periodo para el año 2021. A continuación se muestran los resultados.

Figura 35

Fallas Primer Trimestre 2021 vs 2022



Nota. Número total de fallas presentadas en el primer trimestre de 2021 vs el primer trimestre de 2022.

Gracias a la ejecución de las rutinas de mantenimiento, se redujo en un 88% la cantidad de problemas presentados en las máquinas.

Conclusiones

Alineado con el primer objetivo específico del proyecto, se realizó un diagnóstico inicial a la empresa para plasmar el punto de partida del proyecto. Se detectó que la empresa no contaba con planes de mantenimiento para su maquinaria, lo cual originaba deterioro en las mismas, pasando de 99 fallas en 2021 a 75 en 2020, además, se generaban pérdidas de dinero anuales por más de 30 millones de pesos.

El diagnóstico inicial sirvió para cumplir el segundo objetivo específico del proyecto, se registraron los puntos más críticos del procedimiento de mantenimiento en la fábrica. Dentro de estos se encontraron: fallas más críticas en la maquinaria (daños en termocuplas, falta de lubricación, atascamiento de pistones y exceso de suciedad) las cuales representaban el 70% de los problemas; inexistencia de planificación de actividades de mantenimiento (tiempo necesario, mano de obra, materiales y herramientas) que se traducía en gastos inesperados; seguridad de técnicos y operarios (no se tenían normas ni reglas de seguridad para labores de mantenimiento) lo cual ocasionaba accidentes de trabajo y retrasos en la producción; por último, falta de evaluación (inexistencia de registros de mantenimiento) que permitiera hacer un examen crítico y sacar conclusiones para planificar mantenimientos próximos

Con base en el diagnóstico y los puntos críticos detectados, se crearon planes de gestión que permitieron cumplir con el último objetivo específico. Se desarrollaron los planes de gestión de la integración, gestión del alcance, gestión de interesados, gestión del cronograma, gestión de costos, gestión de calidad y gestión de riesgos. Estos permitieron recopilar información importante como requerimientos, objetivos, interesados, patrocinadores, entregables, presupuesto, etc. También, sirvieron para identificar y gestionar la participación de los

interesados del proyecto, planificar el tiempo del proyecto, crear presupuestos, definir estándares de calidad y crear planes de mitigación para los riesgos presentes. Por ejemplo, se utilizó la herramienta de análisis de valor ganado para determinar la variación del presupuesto, obteniendo una diferencia del 1% respecto a lo presupuestado. Además, se estableció una variación máxima permitida de costos y del cronograma. Por último, se encontraron 4 riesgos críticos para el proyecto, los cuales representan el 33% de las amenazas.

Gracias a la implementación de la metodología de gestión de proyectos del PMI para desarrollar planes de mantenimiento para la maquinaria de la empresa, se crearon rutinas que significarán un ahorro sustancial en los costos de manutención de la maquinaria. Antes de ejecutarse el proyecto, la empresa estaba gastando anualmente un poco más de \$30.000.000. Después de aplicar las rutinas de mantenimiento, para el primer trimestre de 2022 se disminuyeron las fallas en un 88% respecto al 2021. Teniendo en cuenta que el costo anual del mantenimiento preventivo no supera los \$15.000.000, se está ahorrando un 50% de los costos.

La gran ventaja del modelo propuesto de gestión de proyectos, es que también se puede utilizar para gestionar el desarrollo de planes de mantenimiento de las máquinas para trabajar el aluminio, ya que los cambios de costes y cronograma serán insignificantes.

Las herramientas como el análisis del valor ganado, los gráficos de Gantt, la revisión por pares, el análisis de datos, los gráficos de Pareto y los gráficos de causa y efecto se encuentran entre las más utilizadas para gestionar un proyecto. Además de ser efectivas, son fáciles de entender y de ejecutar

Bibliografía

- Alibaba. (s.f.). Alibaba. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/aluminum-pvc-profile-single-head-copy-routing-milling-making-machine-60562033389.html>
- Buelvas, C., & Martínez, K. (2014). *Elaboración De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Maquinaria Pesada De La Empresa L&L*. Barranquilla: UAC.
- Cansino, E. (2015). *Elaboración De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Y Seguridad Industrial Para La Fábrica Minerosa*. Quito: EPN.
- Direct Industry. (s.f.). Direct Industry. <https://www.directindustry.es/prod/mecal/product-37981-928691.html>
- Disomaq Maquinaria. (s.f.). Disomaq. <https://www.disomaq.com/index.php/producto/soldadora-doble-cabezal-dk-502/>
- Duarte, F., & Díaz, P. (2015). *Plan De Gestión De Proyectos De Mantenimientos Mayores De Equipos En Las Estaciones De Bombeo De Ecopetrol S.A*. Bucaramanga: UIS.
- EALDE. (17 de Diciembre de 2020). EALDE. <https://www.ealde.es/areas-conocimiento-pmbok/>
- ESAN, C. (12 de Septiembre de 2016). ESAN. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/que-es-la-guia-del-pmbok#:~:text=La%20Gu%C3%ADa%20del%20PMBOK%20es,los%20resultados%20y%20objetivos%20propuestos.>
- FAO. (s.f.). FAO. <https://www.fao.org/3/ad818s/ad818s08.htm#:~:text=La%20norma%20ISO%2014001%20exige,cualquier%20cambio%20y%20avance%20realizado.>
- Gascón, O. (2018). *Guía 2018 Project Manager Professional PMP*. todopmp.

- González, M. (2015). *Planeación y programación de producción bajo tecnología APS (Advancing Planning and scheduling) aplicado a la metodología Project Management Institute (PMI)*. Bogotá.
- ICONTEC. (15 de octubre de 2015). *Rama Judicial*.
<https://www.ramajudicial.gov.co/documents/5454330/14491339/d2.+NTC+ISO+9000-2015.pdf/ccb4b35c-ee63-44b5-ba1e-7459f8714031>
- ITM Platform. (2016). Itmplatform. <https://www.itmplatform.com/es/blog/que-es-cronograma/#:~:text=Una%20posible%20definici%C3%B3n%20de%20cronograma,cada%20una%20de%20sus%20fases>.
- Matos, S., & Lopes, E. (2013). Prince2 or PMBOK – a question of choice. *ScienceDirect*.
- Méndez, M., Londoño, L., & Camacho, N. (2013). *Plan para la implementación del mantenimiento preventivo y/o correctivo en equipos WOS en Campo Cajua - Puerto Gaitán*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Muñoz, B. (s.f). *Mantenimiento Industrial*. <https://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>
- Ozgenic Machine. (s.f.). Ozgenicmachine. <https://ozgenicmachine.com/es/product/pvc-cutting-machines/omrm-113>
- Pérez, A. (7 de Marzo de 2016). Ceolevel. <https://www.ceolevel.com/conoces-la-verdadera-historia-de-la-gestion-de-proyectos#:~:text=Seg%C3%BAn%20los%20expertos%20el%20origen,Diagrama%20de%20Gantt%2C%20en%201917>.
- Pérez, F. (2021). *Conceptos Generales En La Gestión Del Mantenimiento Industrial*. Bucaramanga: USTA.

Pmoinformatica. (s.f.). Pmoinformatica. <http://www.pmoinformatica.com/2013/06/plantilla-de-acta-de-proyecto.html>

Project Management Institute. (2017). *Guía de los Fundamentos Para La Dirección De Proyectos* (Sexta ed.). Newtown Square.

QuestionPro. (s.f.). QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-mixta/>

Reliability. (s.f). *Reliability A Culture Of Reliability*.

<https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/definicion-de-las-frecuencias-para-un-plan-de-mantenimiento#:~:text=El%20plan%20de%20mantenimiento%20es,de%20definir%20las%20frecuencias%2C%20las>

Renovatec. (s.f). Renovatec. <http://www.renovatec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento#:~:text=Mantenimiento%20Preventivo%3A%20Es%20el%20mantenimiento,en%20el%20momento%20m%C3%A1s%20oportuno.>

Terrazas, R. (24 de Diciembre de 2009). *Modelo Conceptual Para La Gestión De Proyectos*. <https://www.redalyc.org/pdf/4259/425942160009.pdf>


Valdivieso, J. (2010). *Diseño De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Empresa Extruplas S.A*. Cuenca: UPS.

Westreicher, G. (14 de Diciembre de 2020). Economipedia. de <https://economipedia.com/definiciones/mantenimiento.html>

Apéndices

Apéndice A


Ficha técnica cortadora

FICHA TÉCNICA			
Datos Del Equipo		Código	PV-CO-04
Tipo de equipo	Cortadora		
Marca	OZGENC MAKINA		
Año de fabricación	2018		
Posee Manual	SI		
Dimensiones	5.22x1.78x1.72 m		
Procedencia	Turquía		
Fecha de instalación	2018		
Color	Blanca		
# de serie	OMRM 113		
Características Técnicas			
Caudal	11 Lt/min	Potencia	6 kW
Presión	6-8 bar	Peso	1170 Kg
Voltaje	400 V	Diametro sierras	500 mm
Revoluciones	3000 RPM	Rngo de temperatura	0°C - 300°C

Nota. Ejemplo de ficha técnica de la máquina cortadora

Apéndice B


Ficha técnica retestadora

FICHA TÉCNICA			
Datos Del Equipo		Código	PV-RE-02
Tipo de equipo	Retestadora		
Marca	MECAL		
Año de fabricación	2005		
Posee Manual	NO		
Dimensiones	1.3x1.7x1.5 m		
Procedencia	Italia		
Fecha de instalación	2007		
Color	Blanca		
# de serie	FR 711		
Características Técnicas			
Caudal	6 Lt/min	Potencia	1.12 kW
Presión	6-8 bar	Peso	300 Kg
Voltaje	220 V	Diametro sierras	170 mm
Revoluciones	2800 RPM	Angulos de corte	0° - 90°

Nota. Ejemplo de ficha técnica de la máquina retestadora

Apéndice C


Ficha técnica fresadora

FICHA TÉCNICA			
Datos Del Equipo		Código	PV-FE-03
Tipo de equipo	Fresadora		
Marca	SINON		
Año de fabricación	2001		
Posee Manual	NO		
Dimensiones	2x0.95x1.5 m		
Procedencia	China		
Fecha de instalación	2007		
Color	Verde		
# de serie	LSKC03-120		
Características Técnicas			
Caudal	6 Lt/min	Potencia	1.5 kW
Presión	0.5-0.8 Mpa	Peso	230 Kg
Voltaje	380 V	Diametro de fresas	5, 8, 10 mm
Revoluciones	2800 RPM	Rango de copia	Vertical: 290x90 mm Horizontal: 100x300 mm

Nota. Ejemplo de ficha técnica de la máquina fresadora

Apéndice D

Hoja de vida cortadora

Hoja De Vida				
Datos Del Equipo		Código	PV-CO-04	
Tipo de equipo	Cortadora			
Marca	OZGENC MAKINA			
Año de fabricación	2018			
Posee Manual	SI			
Dimensiones	5.22x1.78x1.72 m			
Procedencia	Turquía			
Fecha de instalación	2018			
Color	Blanca			
# de serie	OMRM 113			
Características Técnicas				
Caudal	11 Lt/min	Potencia	6 kW	
Presión	6-8 bar	Peso	1170 Kg	
Voltaje	400 V	Diametro sierras	500 mm	
Revoluciones	3000 RPM	Rngo de temperatura	0°C - 300°C	
Historial				
Fecha	Trabajo realizado o daño encontrado	Duración de intervención	Realizado por	Estado final del equipo

Nota. Ejemplo de hoja de vida de máquina cortadora

Apéndice E


Hoja de vida retestadora

Hoja De Vida				
Datos Del Equipo		Código	PV-RE-02	
Tipo de equipo	Retestadora			
Marca	MECAL			
Año de fabricación	2005			
Posee Manual	NO			
Dimensiones	1.3x1.7x1.5 m			
Procedencia	Italia			
Fecha de instalación	2007			
Color	Blanca			
# de serie	FR 711			
Características Técnicas				
Caudal	6 Lt/min	Potencia	1.12 kW	
Presión	6-8 bar	Peso	300 Kg	
Voltaje	220 V	Diametro sierras	170 mm	
Revoluciones	2800 RPM	Angulos de corte	0° - 90°	
Historial				
Fecha	Trabajo realizado o daño encontrado	Duración de intervención	Realizado por	Estado final del equipo

Nota. Ejemplo de hoja de vida de máquina retestadora

Apéndice F

Hoja de vida fresadora

Hoja De Vida				
Datos Del Equipo		Código	PV-FE-03	
Tipo de equipo	Fresadora			
Marca	SINON			
Año de fabricación	2001			
Posee Manual	NO			
Dimensiones	2x0.95x1.5 m			
Procedencia	China			
Fecha de instalación	2007			
Color	Verde			
# de serie	LSKC03-120			
Características Técnicas				
Caudal	6 Lt/min	Potencia	1.5 kW	
Presión	0.5-0.8 Mpa	Peso	230 Kg	
Voltaje	380 V	Diametro de fresas	5, 8, 10 mm	
Revoluciones	2800 RPM	Rango de copia	Vertical: 290x90 mm Horizontal: 100x300 mm	
Historial				
Fecha	Trabajo realizado o daño encontrado	Duración de intervención	Realizado por	Estado final del equipo

Nota. Ejemplo de hoja de vida de máquina fresadora

Apéndice G

Resumen Analítico Especializado (RAE)

Título del Proyecto
Propuesta De Modelo De Plan De Gestión De Proyectos De Mantenimiento Preventivo De La Maquinaria Utilizada En La Empresa Sunher Royal S.A.S Mediante La Metodología PMI.
Tema de investigación – Línea de investigación
Modelos de gestión Organizacional – Gestión de proyectos
Nombres y Apellidos y número de identificación
Juan Sebastián Mateus Cubides. 1098788132
Resumen
<p>Sunher Royal SAS es una empresa que participa en el mercado de la construcción cuyo objeto social es la fabricación de ventanas de plástico PVC y aluminio. La empresa cuenta con más de 15 años de experiencia en el mercado, distinguiéndose por la calidad de sus productos.</p> <p>Actualmente, existen inconvenientes en cuanto a los tiempos de entrega debido a paradas inesperadas de los equipos utilizados en la producción, lo que se traduce en pérdida de dinero y de clientes.</p> <p>La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo y los equipos solo son revisados por un técnico cuando presentan un daño. Para acortar el tiempo de espera para la reparación de maquinaria, es necesario desarrollar un plan de mantenimiento que minimice las interrupciones y mejore la productividad mientras mantiene las máquinas en óptimas condiciones de funcionamiento.</p> <p>El propósito de este proyecto es proponer un plan de gestión de mantenimiento mediante la guía de la gerencia de proyectos PMI en la empresa Sunher Royal S.A.S. En él se plantean las actividades, fases y herramientas que se deben utilizar para lograr gestionar de manera correcta el proyecto de plan de mantenimiento que se quiere implementar. Se tuvo en cuenta las variables de</p>

tiempo, costo y calidad así como la metodología propuesta por PMI presentada en PMBOK.
Palabras clave (máximo 5 palabras clave)
Análisis del valor ganado, gerencia de proyectos, gestión de calidad, mantenimiento, PMBOK.
Descripción del problema
<p>Sunher Royal es una empresa que vende ventanas en la industria de la construcción. Coopera con grandes constructoras y asume proyectos de gran envergadura, que implican la producción de grandes cantidades de ventanas y metros cuadrados.</p> <p>El tiempo de inactividad inesperado en el proceso de producción provoca retrasos y pérdidas de dinero para la empresa. Las máquinas se usan diariamente en turnos de más de 8 horas y en condiciones de mucha suciedad que contribuyen a un mal rendimiento si no se limpian continuamente.</p> <p>En la actualidad, la empresa repara y renueva la maquinaria cuando está dañada y deja de funcionar parcial o totalmente. Los trabajadores más antiguos tratan de arreglarlas con el conocimiento de la experiencia, pero a veces eso empeora la situación porque no están capacitados para realizar el tipo de mantenimiento requerido.</p> <p>Es claro que la empresa no cuenta con un plan de gestión de mantenimiento que incluya el desarrollo, planificación y programación del mantenimiento preventivo y predictivo, junto con el cronograma y frecuencia de realización para cada equipo.</p> <p>Por lo tanto, la pregunta central de investigación de este proyecto es:</p> <p>¿De qué forma la metodología PMI podrá aportar en el mejoramiento de la gestión de mantenimiento preventivo en la empresa Sunher Royal SAS?</p>

Objetivos
<p>Objetivo general</p> <p>Proponer un plan de gestión de proyectos de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la organización Sunher Royal SAS aplicando la metodología PMI.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Diagnosticar el momento actual de los proyectos de mantenimiento que tiene la empresa.</p> <p>Analizar los puntos críticos del mantenimiento de maquinaria en la empresa.</p> <p>Desarrollar planes de gestión que permitan a la empresa optimizar sus procesos de mantenimiento.</p>
Metodología
<p>Tipo de Investigación</p> <p>El enfoque de investigación es un enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo), incluye la compilación, el estudio y la unión de la investigación tanto cualitativa como cuantitativa (QuestionPro, s.f).</p> <p>La data cualitativa es información al alcance público que un investigador recopila a por medio de observaciones, grupos focales y entrevistas. El estudio datos cualitativos a menudo envuelve categorizarlos para que cobren sentido las ideas recolectadas (QuestionPro, s.f).</p> <p>La data cuantitativa contiene información no pública, como las escalas de calificación. El estudio de estos datos incluye analizar estadísticamente las apreciaciones obtenidas, por ejemplo, encuestas para resolver preguntas de investigación o contrastar hipótesis (QuestionPro, s.f).</p> <p>El tipo de investigación es descriptiva, dado que se toman elementos conocidos en la organización para dar solución a un problema específico, como la falta de gestión de mantenimiento, por otra parte, el proyecto está respaldado por la metodología desarrollada por PMI que utiliza diferentes planes de gestión para realizar un seguimiento del desarrollo y la</p>

implementación del proyecto.

Fases del proyecto

Fase 1 Diagnóstico

Inicialmente se realizará un análisis de la situación actual de la empresa, identificando los procesos de mantenimiento que se llevan a cabo actualmente, así como los principales problemas en la maquinaria. Además, se hará un levantamiento de la cantidad y tipos de máquinas que intervienen en el proceso de producción.

Para llevar a cabo el proceso de diagnóstico, se realizarán las siguientes actividades

Visita a la empresa e inspección del área de producción.

Revisión de documentos: manuales de maquinaria, hojas de vida, historiales de mantenimiento y de fallos.

Entrevista con operarios, jefe de producción y gerente de la empresa.

Revisión del estado de las máquinas.

Fase 2 Planeación

Después de realizado el diagnóstico inicial, se procederá a diseñar el plan de gestión para el desarrollo del proyecto basado en la metodología propuesta por el PMI.

Para el caso de estudio, se prepararon los siguientes planes de dirección utilizando diferentes herramientas para dar seguimiento a cada fase del proyecto.

Plan de Gestión de Integración del Proyecto. Acta de constitución y planificación.

Plan Gestión del Alcance. Requerimientos y EDT/WBS.

Plan Gestión de Interesados. Identificar a las partes interesadas y gestionar participación de interesados.

Plan Gestión del Cronograma. Actividades del proyecto, determinar el cronograma del proyecto y controlar el cronograma

Plan Gestión Costos. Costo del proyecto y herramientas de control de costes.

Plan Gestión de Calidad. Definir estándares de calidad y herramientas de control de calidad.

Plan Gestión de Riesgos. Identificar amenazas o riesgos, evaluación de riesgos y plan de respuesta a riesgos.

Fase 3 Ejecución

En la última fase se realizarán los planes de mantenimiento basados en toda la información recolectada en las etapas anteriores. Se codificarán las máquinas, se crearán rutinas de inspección y se establecerán formatos para las hojas de vida de los equipos.

Herramientas y Técnicas

Para realizar el diagnóstico inicial se realizarán entrevistas, se utilizarán reportes de mantenimiento, manuales de procesos y análisis de formatos existentes.

Para el diseño y desarrollo de los planes de gestión se hará uso de la lluvia de ideas, diagrama de causa-efecto, análisis de valor ganado, diagrama de Gantt, matriz de interés vs influencia y matriz de análisis de riesgos.

Por último, para la fase de ejecución se harán capacitaciones al personal operativo.

Después de determinar la metodología que se utilizará para diseñar y desarrollar el proyecto, se procederá con el análisis inicial de la empresa. Es fundamental tener un punto de referencia como partida contra el cual comparar los resultados obtenidos. A continuación se presenta un diagnóstico de la situación actual de la empresa.

Principales referentes teóricos y conceptuales (Marco teórico)

Antecedentes

En la búsqueda de literatura relativa a la gestión de proyectos de mantenimiento utilizando la metodología propuesta por el PMI, cabe mencionar los siguientes documentos

consultados:

Plan para la Implementación del Mantenimiento Preventivo y/o Correctivo en Equipos WOS en Campo Cajua – Puerto Gaitán (Méndez et al., 2013). En este proyecto se plasman cada una de las áreas de conocimiento propuestas en el PMBOK para planificar alcance, costos, calidad, recursos, tiempo, adquisiciones y riesgos de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para equipos WOS próximos a terminar su periodo de garantía. Se demostró la importancia de desarrollar dicho plan siguiendo los lineamientos del PMBOK y se evidenció la disminución en el nivel de fallas, incremento en ciclos de vida y reducción de la afectación de la producción.

Plan de Gestión de Proyectos de Mantenimientos Mayores de Equipos en las Estaciones de Bombeo de Ecopetrol S.A. (Duarte & Díaz, 2015). Este proyecto ha desarrollado una metodología basada en la gestión de proyectos para la implementación de planes de mantenimiento en Ecopetrol. Las tareas se desarrollan con base en las áreas de conocimiento presentadas en el PMBOK.

Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo y Seguridad Industrial para la Fábrica Minerosa (Cansino, 2015). En este proyecto se implementó un plan de mantenimiento preventivo para una empresa minera en el cual se analizaron todas las máquinas del negocio, luego mediante herramientas de análisis estadístico se identifican las máquinas sobre las cuales se realizó el plan de mantenimiento.

Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Empresa Extruplas S.A. (Valdivieso, 2010). Este proyecto analizó la distribución geográfica del parque de maquinaria de la empresa así como sus diferentes líneas de producto con el fin de determinar la línea más críticas e importantes. También se examinaron los cambios de trabajo y el grado de automatización del negocio de fabricación.

Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Pesada

de la Empresa L&L (Buelvas & Martínez, 2014). Este proyecto demuestra la importancia de desarrollar un plan de mantenimiento en una empresa. Al mismo tiempo, el monto invertido en la reparación de equipos pesados superó en un 65% el presupuesto de mantenimiento. Se entrevistó a los operadores para averiguar si estaban siguiendo las recomendaciones del fabricante pues esto tiene un gran impacto en el desgaste de la máquina. También se investigó cómo la empresa maneja la información de mantenimiento de sus vehículos.

Conceptos Generales en la Gestión del Mantenimiento Industrial (Pérez, 2021). Este libro explica los conceptos, definiciones y términos utilizados en el mantenimiento, así como sus clases existentes. Además, explica lo que un ingeniero de mantenimiento debe tener en cuenta para planificar con éxito un proceso de mantenimiento, administrar recursos y personal. Por último, se mencionan métricas de rendimiento o gestión utilizadas en el control de mantenimiento.

Marco histórico

Historia en Sunher Royal

Sunher Royal fue fundada hace más de 15 años en la ciudad de Bogotá pero no fue hasta el 2018 que se comenzaron a preocupar por el estado de la maquinaria. Antes de ese año, la empresa contaba con un solo proveedor de mantenimiento, el cual no era experto en el tipo de equipos utilizados en la compañía y muchas veces no daba solución a los problemas presentados. A partir del año 2018 el gerente general decidió conformar una lista de varios proveedores de mantenimiento especializados en maquinaria utilizada en la manufactura de ventanas. Esto lo logró con ayuda de las empresas a las que les compraba los perfiles de PVC utilizados para fabricar las ventanas, pues estos tenían contactos en diferentes fábricas que conocían expertos en el tema. Sin embargo, este fue el único cambio que se dio hasta el 2020, ya que la dirección de la compañía no se había interesado por la situación hasta que empezaron a notar que las pérdidas de tiempo y dinero se estaban dando por el mal estado de la maquinaria.

En el año 2020, la empresa decidió contratar a un jefe de producción experto en temas de mantenimiento preventivo y correctivo. Este creó rutinas de inspección basado en el estado actual de la maquinaria y en sus componentes más críticos. Sin embargo, la falta de experiencia en el ámbito de la gestión de proyectos, le impidió estructurar el proceso y documentar toda la información que había logrado recolectar. Nuevamente la falta de interés y organización por parte de los involucrados (operarios, jefe de producción y gerencia) generó que poco a poco se dejaran de realizar las rutinas de mantenimiento y hoy en día las máquinas se siguen deteriorando a un ritmo alarmante.

Historia de la gestión de proyectos

Según los expertos el origen de la Gestión o Dirección de Proyectos puede situarse a comienzos del siglo XX, considerándose la aparición de los primeros métodos.

Podríamos situar su inicio como disciplina con la aparición del Diagrama de Gantt, en 1917. La metodología PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) y CPM (*Critical Path Method*) llegan a mediados de los 50. Fue en esta década, cuando las organizaciones comenzaron a aplicar sistemáticamente las herramientas y técnicas de gestión de proyectos.

No es hasta el 1969 que nace en los EEUU el PMI (*Project Management Institute*). Cinco voluntarios fundaron esta organización profesional sin fines de lucro dedicada a contribuir con el avance de la práctica, ciencia y profesión de administración de proyectos. En ese mismo año, el PMI celebró su primer simposio en Atlanta, Georgia con una asistencia de 83 personas. A partir de ahí la organización fue creciendo hasta convertirse en la principal organización de gestión de proyectos a nivel mundial. En 1987 el PMI publicó la primera edición de la Guía del PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) que es el estándar actual para la gestión de proyectos. En 1998 tanto *The American National Standards Institute* (ANSI) como el *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) reconocieron el PMBOK como estándar a nivel mundial (Pérez, 2016).

Marco Conceptual

Para ilustrar mejor el tema tratado en el proyecto, se definen los conceptos más importantes que se deben tener en cuenta al diseñar el proyecto.

Proyecto. Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos (Project Management Institute, 2017).

Ciclo de vida del proyecto. El ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre. Las fases son generalmente secuenciales y sus nombres y números se determinan en función de las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación (Project Management Institute, 2017).

Cronograma. Lista de elementos o procesos de un proyecto en la cual se incluyen además sus fechas previstas de comienzo y final. El cronograma incluye información acerca del tiempo destinado al proyecto y a cada una de sus fases (ITM Platform, 2016).

EDT. La EDT/WBS es una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar por el equipo del proyecto para cumplir con los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos (ITM Platform, 2016).

Gestión de Proyectos. La gestión de proyectos es una disciplina capaz de integrar sistemáticamente la planificación, la organización, el liderazgo, el control y la calidad en la gestión de las actividades del proyecto (Terrazas, 2009)

Mantenimiento. El mantenimiento se puede definir como el seguimiento continuo de las instalaciones (en el caso de las fábricas) o de los componentes (en el caso de los productos), así como una serie de reparaciones e inspecciones necesarias para asegurar su correcto funcionamiento y buen estado de todo el sistema (Muñoz, s.f)

Plan de Mantenimiento. Hace parte de un modelo de gestión de activos que define

programas de mantenimiento (preventivos, acciones predictivas y asignaciones de rutina) para aumentar su efectividad en la realización de tareas necesarias y oportunas, así como para determinar la frecuencia de las variables de control. , presupuestos de recursos y procedimientos para cada actividad (Reliability, s.f)

Marco Teórico

Para mantener y respaldar este proyecto, se recopiló información sobre metodologías de gestión de proyectos. Esta información proporciona orientación y estructura para el desarrollo del trabajo.

Prince2 or PMBOK – A Question of Choice (Matos & Lopes, 2013). Este artículo compara los dos métodos de gestión de proyectos más utilizados (Prince2 y PMBOK), mostrando los conceptos básicos de cada uno. Además, enfatiza el valor de todos en su gestión y establece un ejemplo para el desarrollo de proyectos de software. También destaca qué metodología es más fácil de aplicar según el caso de estudio.

Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Project Management Institute, 2017). Esta guía proporciona las mejores prácticas para gestionar proyectos individuales y presenta conceptos de gestión. Por otro lado, define el ciclo de vida del proyecto y todos los procesos relacionados.

PMBOK. Para el adecuado desarrollo de las estrategias y planes de mantenimiento a realizar en la empresa se utilizan las indicaciones especificadas por el PMI en el manual del PMBOK.

La guía PMBOK contiene la cantidad justa de conocimiento para el desarrollo profesional de un gerente de proyecto. Incluye conocimientos probados y prácticas ampliamente utilizadas por expertos en el campo, así como innovación de mejores prácticas con una aplicación más limitada (ESAN, 2016).

Esta guía es esencial porque detalla los pasos que se deben seguir para obtener resultados

al trabajar en nuevos proyectos.

En este estudio de caso, PMBOK nos ayuda a formalizar el inicio del proyecto con el acta de constitución, planificación y gestión del alcance, gestión de tiempo y costos, gestión estricta de las partes interesadas (todos los participantes del proyecto) y gestión de riesgos (desde la identificación hasta el plan de mitigación).

Existen 5 grupos de procesos de gestión de proyectos, los cuales son:

Inicio. Esta fase define y permite iniciar el proyecto. (Project Management Institute, 2017)

Planificación. Definición de los objetivos del proyecto, planes de trabajo, objetivos y alcance a alcanzar durante el desarrollo del proyecto. (Project Management Institute, 2017)

Implementación. Durante esta fase se llevan a cabo las tareas del plan de trabajo del proyecto. (Project Management Institute, 2017)

Seguimiento y Control. Se debe medir y controlar el progreso del proyecto para identificar posibles desviaciones y tomar acciones correctivas. (Project Management Institute, 2017)

Cierre. Esta es la etapa donde el usuario acepta el producto final y se completa el proyecto. (Project Management Institute, 2017)

Mantenimiento. Hay muchos tipos de mantenimiento y a continuación se proporciona un análisis teórico para saber qué tipo de mantenimiento es mejor para la empresa objeto de estudio. El mantenimiento es un proceso realizado para garantizar que un artículo o unidad de producción pueda continuar operando con una eficiencia óptima. (Westreicher, 2020)

En otras palabras, es la realización de diversas actividades, como reparación o remodelación, lo que evitará que el precio de los activos fijos se deprecie con el tiempo. Esto permite que la empresa gane más dinero al evitar gastos no deseados. La tarea principal es mantener en buen estado los equipos de cada empresa. Esto debe lograrse con un cierto grado de

eficiencia y eficacia. Algunos están diseñados para mantener el negocio en marcha, otros están diseñados para recuperar algunos dispositivos que han dejado de funcionar debido a una falla.

Por lo tanto, cualquier práctica de mantenimiento tiene un efecto directo sobre la calidad del producto.

El mantenimiento se puede dividir en dos grupos principales: mantenimiento de conservación y mantenimiento de actualización. A continuación se explicará detalladamente en qué consiste cada uno de ellos.

Mantenimiento de Conservación. Este es responsable de restaurar el desgaste establecido con el tiempo y es en el que se basa este proyecto. (Westreicher, 2020)

Mantenimiento Correctivo. Permite solucionar un problema existente. Hay dos opciones: reparación inmediata, que se realiza cuando se detecta un problema, y reparación diferida, donde se detiene el funcionamiento de la máquina y se programa una reparación adecuada. Es el más costoso porque involucra el costo de repuestos y el costo de parar el proceso de producción. (Westreicher, 2020)

Mantenimiento Preventivo. Este tipo de mantenimiento le permite predecir fallas. El mantenimiento de rutina se utiliza para ralentizar el desgaste de las piezas. Se puede dividir en tres categorías: mantenimiento preventivo programado, que se lleva a cabo en función de la vida útil. El mantenimiento preventivo proactivo monitorea continuamente su máquina para que pueda predecir cuándo ocurrirán las fallas. Finalmente, el mantenimiento preventivo oportuno se realiza cuando el equipo no está en uso para aprovechar el tiempo de inactividad de la producción, que puede ser más costoso si se detiene a causa de un mantenimiento. (Westreicher, 2020)

El mantenimiento preventivo ahorra mucho dinero porque se programan los reemplazos de piezas de repuesto y los técnicos intervienen lo más rápido posible durante el tiempo de inactividad de la máquina.

Mantenimiento de Actualización. Este tipo se utiliza cuando el mantenimiento ya no es

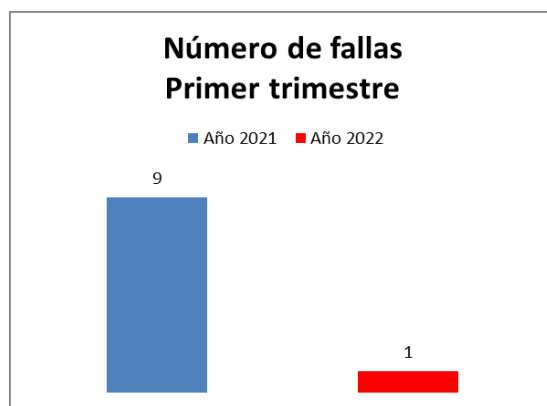
suficiente debido a la evolución del mercado y la creación de nuevas tecnologías que otorgan una clara ventaja a la empresa. Son inversiones realizadas para combatir la obsolescencia de la tecnología. (Westreicher, 2020)

Resultados

La ejecución del proyecto significa un ahorro sustancial en el costo de mantenimiento de la maquinaria de la empresa si se tienen en cuenta los números presentados en el documento.

Antes de ejecutarse, la empresa estaba gastando anualmente un poco más de \$30.000.000.

Después de aplicar las rutinas de mantenimiento, para el primer trimestre de 2022 se disminuyeron las fallas en un 88% respecto al 2021, lo que se traduce en un ahorro anual de \$26.400.000.



El costo anual del mantenimiento preventivo no supera el \$15.000.000, es decir, la mitad de lo que se estaba gastando en mantenimiento correctivo, sin tener en cuenta la pérdida de clientes que se generaban por los retrasos en la producción.

Criterio	Año 2021	Valor
Número de fallos en máquinas	99	\$ 21.120.000
Número de veces que la producción se detuvo	25	\$ 8.125.000
Número de incumplimiento en proyectos.	6	\$ 800.000
Número de clientes perdidos por incumplimiento	2	N/A
TOTAL		\$ 30.045.000

Se diseñaron diferentes planes de gestión (gestión de la integración del proyecto, gestión del alcance, gestión de interesados, gestión del cronograma, gestión de costos, gestión de calidad y gestión de riesgos) utilizando la metodología PMI que como resultado sirvieron para planificar y ejecutar todas las actividades necesarias para crear las rutinas y planes de mantenimiento preventivo.

Se realizó un diagnóstico inicial a la empresa para plasmar el punto de partida del proyecto. Con este diagnóstico se identificaron los tipos de máquinas a estudiar y se analizó el problema principal de la compañía. Finalmente se obtuvieron datos importantes como los fallos más comunes y su frecuencia de ocurrencia.

Se plasmaron los puntos más críticos del procedimiento de mantenimiento en la fábrica y se comprobó que la principal causa de los problemas es que no se contaba con un plan de gestión de mantenimiento. Las máquinas se deterioraban a medida que pasaban los meses y el costo de los arreglos generaba grandes pérdidas monetarias. Además, se evidenció la falta de un archivo

para almacenar el historial de fallos y reparaciones.

Se desarrollaron planes de mantenimiento para cada una de las máquinas así como sus fichas técnicas y hojas de vida.

Se utilizaron herramientas como el análisis del valor ganado, los gráficos de Gantt, la revisión por pares, el análisis de datos, los gráficos de Pareto y los gráficos de causa y efecto para gestionar un proyecto.

Bibliografía ((Referencias))

Alibaba. (s.f.). Alibaba. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/aluminum-pvc-profile-single-head-copy-routing-milling-making-machine-60562033389.html>

Buelvas, C., & Martínez, K. (2014). *Elaboración De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Maquinaria Pesada De La Empresa L&L*. Barranquilla: UAC.

Cansino, E. (2015). *Elaboración De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Y Seguridad Industrial Para La Fábrica Minerosa*. Quito: EPN.

Direct Industry. (s.f.). Direct Industry. <https://www.directindustry.es/prod/mecal/product-37981-928691.html>

Disomaq Maquinaria. (s.f.). Disomaq. <https://www.disomaq.com/index.php/producto/soldadora-doble-cabezal-dk-502/>

Duarte, F., & Díaz, P. (2015). *Plan De Gestión De Proyectos De Mantenimientos Mayores De Equipos En Las Estaciones De Bombeo De Ecopetrol S.A*. Bucaramanga: UIS.

EALDE. (17 de Diciembre de 2020). EALDE. <https://www.ealde.es/areas-conocimiento-pmbok/>

ESAN, C. (12 de Septiembre de 2016). ESAN. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/que-es-la-guia-del-pmbok#:~:text=La%20Gu%C3%ADa%20del%20PMBOK%20es,los%20resultados%20y%20objetivos%20propuestos.>

FAO. (s.f.). FAO.

<https://www.fao.org/3/ad818s/ad818s08.htm#:~:text=La%20norma%20ISO%2014001%20exige,cualquier%20cambio%20y%20avance%20realizado.>

Gascón, O. (2018). *Guía 2018 Project Manager Professional PMP*. todopmp.

González, M. (2015). *Planeación y programación de producción bajo tecnología APS (Advancing Planning and scheduling) aplicado a la metodología Project Management Institute (PMI)*. Bogotá.

ICONTEC. (15 de octubre de 2015). *Rama Judicial*.

<https://www.ramajudicial.gov.co/documents/5454330/14491339/d2.+NTC+ISO+9000-2015.pdf/ccb4b35c-ee63-44b5-ba1e-7459f8714031>

ITM Platform. (2016). Itmplatform. <https://www.itmplatform.com/es/blog/que-es-cronograma/#:~:text=Una%20posible%20definici%C3%B3n%20de%20cronograma,cada%20una%20de%20sus%20fases.>

Matos, S., & Lopes, E. (2013). Prince2 or PMBOK – a question of choice. *ScienceDirect*.

Méndez, M., Londoño, L., & Camacho, N. (2013). *Plan para la implementación del mantenimiento preventivo y/o correctivo en equipos WOS en Campo Cajua - Puerto Gaitán*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.

Muñoz, B. (s.f). *Mantenimiento Industrial*. <https://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>

Ozgenic Machine. (s.f.). Ozgenicmachine. <https://ozgenicmachine.com/es/product/pvc-cutting-machines/omrm-113>

Pérez, A. (7 de Marzo de 2016). Ceolevel. <https://www.ceolevel.com/conoces-la-verdadera-historia-de-la-gestion-de-proyectos#:~:text=Seg%C3%BAn%20los%20expertos%20el%20origen,Diagrama%20de%20Gantt%2C%20en%201917.>

Pérez, F. (2021). *Conceptos Generales En La Gestión Del Mantenimiento Industrial*.

Bucaramanga: USTA.

Pmoinformatica. (s.f.). Pmoinformatica. <http://www.pmoinformatica.com/2013/06/plantilla-de-acta-de-proyecto.html>

Project Management Institute. (2017). *Guía de los Fundamentos Para La Dirección De Proyectos* (Sexta ed.). Newtown Square.

QuestionPro. (s.f.). QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-mixta/>

Reliability. (s.f.). *Reliability A Culture Of Reliability*.

<https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/definicion-de-las-frecuencias-para-un-plan-de->

[mantenimiento#:~:text=E1%20plan%20de%20mantenimiento%20es,de%20definir%20las%20frecuencias%2C%20las](https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/definicion-de-las-frecuencias-para-un-plan-de-mantenimiento#:~:text=E1%20plan%20de%20mantenimiento%20es,de%20definir%20las%20frecuencias%2C%20las)

Renovatec. (s.f.). Renovatec. <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110->

[mantenimiento-industrial/305-tipos-de-](http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-)

[mantenimiento#:~:text=Mantenimiento%20Preventivo%3A%20Es%20el%20mantenimiento,en%20el%20momento%20m%C3%A1s%20oportuno.](http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento#:~:text=Mantenimiento%20Preventivo%3A%20Es%20el%20mantenimiento,en%20el%20momento%20m%C3%A1s%20oportuno.)

Terrazas, R. (24 de Diciembre de 2009). *Modelo Conceptual Para La Gestión De Proyectos*.

<https://www.redalyc.org/pdf/4259/425942160009.pdf>

Valdivieso, J. (2010). *Diseño De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Empresa*

Extruplas S.A. Cuenca: UPS.

Westreicher, G. (14 de Diciembre de 2020). Economipedia. de

<https://economipedia.com/definiciones/mantenimiento.html>