

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO FINAL DE GRADUACION**

Para Optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial

**Propuesta de mantenimiento preventivo para la máquina
multi en la empresa Coloplast**

AUTOR

Jenniffer Portugués Meoño

TUTOR

Ing. Marco Aragón Nassar

LECTOR

Ing. Luis C. Quirós González

San José, Setiembre, 2023

DEDICATORIA

Primeramente, desea dedicar este trabajo a Dios, por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí, con su ejemplo de superación, humildad y sacrificio, también, por demostrarnos la importancia de ser perseverantes para poder llegar a cumplir nuestros objetivos.

Por otra parte, dedico este trabajo de investigación a cada persona que ha formado parte de mi vida de manera incondicional, donde siempre han sido un apoyo en todo lo que me he propuesto.

Por último, a todas aquellas personas que hicieron posible este trabajo.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia quiero agradecer a la Universidad Internacional de la Américas (UIA) por abrirme las puertas y así poder concluir de manera satisfactoria mi educación superior, siempre dándome la bienvenida a este gran mundo de la ingeniería y además todas las oportunidades que nos brindaron.

A los compañeros de estudio, por todo el apoyo y trabajo en equipo que en algún momento tuvimos llenándonos de conocimientos para la respectiva formación académica.

A mi padre, familia, y amigos que nos dieron todo el apoyo para realizar está investigación.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se desarrolló en la empresa Coloplast S.A. empresa ubicada en La Lima Industrial Park, Provincia de Cartago, la compañía tiene aproximadamente 5 años de estar presente en el país, y su enfoque en dispositivos médicos en el área de Ostomía.

El proyecto se lleva a cabo en el área producción de piezas multi, donde se enfoca específicamente en el área de mantenimiento de las máquinas productoras de multis. Ya que, debido a la falta de medidas y capacitaciones del personal, se presentan paros en las máquinas y piezas defectuosas, generando atrasos en la producción.

Por lo que, se establece el objetivo general el cual consiste en proponer un programa de mantenimiento preventivo para la máquina multi en la empresa Coloplast. En cuanto a los objetivos específicos se tienen; describir la problemática que ocasiona los paros en la máquina multi. Medir las consecuencias que genera los paros durante el proceso. Analizar las causas de los paros. Desarrollar la propuesta para la disponibilidad de la máquina multi, y establecer los controles para el cumplimiento de la propuesta.

Por otra parte, como propuesta se implementó establecer un cronograma de mantenimiento regular para la máquina multi, que incluya tareas específicas y su frecuencia de ejecución. También, se propone capacitar a los operarios en tareas básicas de mantenimiento y operación, con la asistencia de ingenieros y técnicos especializados. El objetivo es mejorar la eficiencia operativa, reducir el tiempo de inactividad y minimizar el riesgo de averías mediante un mantenimiento preventivo adecuado. Se sugiere identificar áreas críticas que requieran mantenimiento regular, definir la frecuencia de limpieza y designar responsables para ejecutar las tareas. Se propone documentar el cronograma de limpieza y distribuirlo entre el personal pertinente. Es fundamental completar el cronograma en cada mantenimiento, con fechas, tiempos y responsables previamente establecidos por ingenieros, y que las firmas sean colocadas por el operario responsable.

Contenido

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
CARTA AUTORIZACIÓN DEL TUTOR.....	3
CARTA REVISIÓN FILOLÓGICA	4
CARTA INCORPORACIÓN DE MODIFICACIONES AL TFG.....	5
DECLARACIÓN JURADA	6
SOLICITUD DE DEFENSA	7
RESUMEN EJECUTIVO	8
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	17
Generalidades de la Empresa	19
Misión	19
Visión.....	19
Organigrama	19
Junta Directiva	¡Error! Marcador no definido.
Planteamiento del Problema	21
Objetivos.....	22
Objetivo general.....	22
Objetivos específicos	23
Justificación	23
Antecedentes	24
Antecedentes de tesis	24
Antecedentes de artículos científicos.....	29
Proyecciones	33

CAPÍTULO II MARCO TEORICO	35
Conceptos Generales.....	35
El mantenimiento y su administración.....	35
Gestión del mantenimiento	37
Tipos de mantenimiento.....	38
Herramientas para Describir el Problema	42
Los cinco porqués	42
Mapa de procesos.....	43
Mantenimiento productivo total.....	44
Herramientas para Medir las Consecuencias	47
Herramienta AMFE	47
Herramienta de árbol de falla y error.....	50
Herramientas para Analizar las Causas.....	52
Técnicas de recolección de datos.....	53
Ishikawa	54
Metodología de las 5S.....	56
Método de Mantenimiento de Confiabilidad	57
Herramientas para la Propuesta	59
Diagrama de flujos.....	59
Herramientas para el Control de la Propuesta.....	60
Ciclo de Deming o PHVA	61
Efectividad Global del Equipamiento (OEE)	62
CAPÍTULO III MARCO METODOLOGICO	67
Enfoque	67

Enfoque cuantitativo	67
Enfoque cualitativo	68
Enfoque mixto.....	68
Alcance	69
Diseño	70
Experimental	71
No experimental.....	71
Transeccionales.....	72
Longitudinales.....	72
Variables	72
Muestra	76
Instrumentos.....	78
Recolección de Datos.....	79
Método de Análisis	81
Cronograma.....	82
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	84
Descripción del Problema.....	84
Medición de las Consecuencias	95
Análisis de las Causas	98
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
Conclusiones	109
Recomendaciones	110
CAPÍTULO VI PROPUESTA.....	111
Propuesta.....	112

Análisis Económico	114
Plan de Implementación.....	122
APÉNDICES.....	124
REFERENCIAS.....	133

Tablas

Tabla 1 Organización Coloplast	21
Tabla 2 Pasos en el desarrollo del TPM.....	47
Tabla 3 Definición de los tipos de alcances de una investigación	69
Tabla 4 Operacionalización de las variables	73
Tabla 5 Muestras para la investigación	76
Tabla 6 Instrumentos.....	78
Tabla 7 Proceso de recolección de datos	80
Tabla 8 Método de análisis.....	81
Tabla 9 Cronograma de trabajo de investigación.....	83
Tabla 10 Producción 1	88
Tabla 11 Producción 2	89
Tabla 12 Producción 3.....	91
Tabla 13 Aceptable o rechazable según jornada.....	106
Tabla 14 nivel de capacitación	106
Tabla 15 Cronograma de mantenimiento.....	112
Tabla 16 Tiempos de paro	115
Tabla 17 Costos por paros.....	115
Tabla 18 Investigación sobre mantenimiento autónomo y lectura del manual de la máquina	117
Tabla 19 Preparación de la presentación.....	117
Tabla 20 Preparación del taller práctico	117
Tabla 21 Costo de las herramientas	118

Tabla 22 Preparación de métricas KPI's.....	119
Tabla 23 Programación de la productividad.....	119
Tabla 24 Ensayo de capacitación.....	119
Tabla 25 Capacitación teórica y practica	119
Tabla 26 Realización de cronograma.....	120
Tabla 27 Costo de cronograma.....	120
Tabla 28 Análisis de indicadores	120

Figuras

Figura 1 Organigrama.....	20
Figura 2 Historia y evolución del mantenimiento industrial	37
Figura 3 Multi	41
Figura 4 Herramienta de los cinco porqués	43
Figura 5 Mapa de procesos	44
Figura 6 Tres pasos para implementar TPM.....	46
Figura 7 Pasos de la aplicación de la metodología AMFE	48
Figura 8 Análisis modal de daño y efecto	49
Figura 9 Esquema de diagrama de árbol de fallos.....	52
Figura 10 Esquema de procesamiento y análisis de datos.....	53
Figura 11 Pasos para diseñar la herramienta de Ishikawa.....	54
Figura 12 Herramienta Ishikawa	55
Figura 13 Fases de la Metodología 5S	56
Figura 14 Proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad	58
Figura 15 Metodología de RCM ampliada	58
Figura 16 Diagrama de Flujo.....	60
Figura 17 Estructura de la Norma ISO 9001:2015 con el ciclo PHVA	62
Figura 18 Fórmula del Porcentaje de disponibilidad	63
Figura 19 Fórmula para el Porcentaje de Rendimiento.....	64
Figura 20 Fórmula para el Porcentaje de Rendimiento.....	64
Figura 21 Clasificación de acuerdo con porcentaje obtenido en el OEE.....	65
Figura 22 Distribución del tiempo de acuerdo con el indicador OEE	66

Figura 23 Estructura EDT	82
Figura 24 Diagrama de procesos máquina multi	85
Figura 25 Proceso de producción Multi.....	87
Figura 26 Cantidad de fallas por producción máquina 1	94
Figura 27 Mantenimiento de la máquina productora de multi	95
Figura 28 Análisis modal de daño y efecto	96
Figura 29 Lluvia de ideas	98
Figura 30 Causas de la empresa Coloplast.....	99
Figura 31 Observaciones por jornada.....	101
Figura 32 ANOVA para los diámetros (cm).....	102
Figura 33 ANOVA los niveles de suciedad (%)......	104
Figura 34 Diagrama de cajas	107
Figura 35 Diagrama de cajas en porcentaje de suciedad por turno.....	108
Figura 36 Diagrama de cajas por capacitación.....	108
Figura 37 Diagrama de flujo del mantenimiento	113
Figura 38 Línea de tiempo de recuperación	121
Figura 39 Plan de implementación.....	122

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La eficiencia y productividad en el departamento de mantenimiento son aspectos fundamentales para garantizar el óptimo funcionamiento de las máquinas generadoras de multitis en la empresa Coloplast, está en la actualidad, se enfrenta a diversos desafíos que afectan negativamente la continuidad de la producción y la calidad de los productos ofrecidos de Ostomía y Continencia. Para abordar esta problemática, se ha planteado la necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo autónomo, el cual tiene como objetivo reducir los tiempos de paro y mejorar la productividad en el departamento de mantenimiento. En este contexto, el presente trabajo tiene la finalidad de describir la problemática actual que ocasiona los paros y la deficiencia en la productividad de las máquinas generadoras de multitis, llevándose a cabo una investigación exhaustiva que permita identificar las principales causas de los paros y deficiencias en la producción mediante el análisis de diversos métodos.

Además, se medirá el impacto de los paros en términos de productividad, tiempo y calidad de los productos ofrecidos por la empresa, con el fin de comprender la magnitud de las consecuencias actuales y establecer una base sólida para la implementación de mejoras.

Asimismo, se establecerán indicadores de mantenimiento que permitan llevar a cabo una revisión constante de la planificación y programación de las labores de mantenimiento, garantizando así un seguimiento adecuado y oportuno de las actividades.

Con base en el análisis de la problemática y la identificación de las causas de los paros, se elaborará un programa de mantenimiento preventivo que se centrará en la reducción de los tiempos de paro, la disminución de los daños en la producción y la implementación de un sistema de consulta de información en tiempo real sobre los repuestos disponibles y los mantenimientos realizados en las máquinas.

Por otra parte, el proyecto se desarrolla bajo la línea de investigación sobre un diseño, desarrollo o mejoramiento de sistemas de mantenimiento industrial. Puesto que el planteamiento del problema se enfoca en un mantenimiento preventivo que pretenda generar en la empresa un cuidado adecuado de sus equipos, con el fin de que su producción sea efectiva y de calidad, es por eso que, el presente capítulo pretende brindar un abordaje de la importancia que tiene el

mejoramiento continuo de los procesos de una empresa en cuanto a productividad y buen funcionamiento de sus equipos, en el área de gestión de operaciones y procesos, donde mediante un plan de mantenimiento la máquina productora de multis pueda ser más eficiente, para que genere, un impacto productivo en la empresa Coloplast.

Este documento está conformado por seis capítulos, en primera instancia está la introducción que aborda las generalidades de la empresa, donde se determinando como se encuentra constituida, sus funciones y mecanismos utilizados en los procesos de producción, sus diversidades de máquinas especializadas en la producción de dispositivos.

Además, Se plantea el problema de investigación en relación con la importancia del mantenimiento preventivo en las máquinas multi en la empresa Coloplast, así como el objetivo general y específicos que van a darle respuesta a la problemática planteada en esta investigación, por consiguiente, se expone la justificación del por qué el tema de investigación en cuestión, dejando en evidencia la importancia de su implementación, también, se recopilan diferentes antecedentes que presentan algún tipo de relación con el argumento, por último, se plasman las diferentes proyecciones.

En cuanto al segundo capítulo corresponde al de marco teórico, cuya finalidad es presentar conceptos de ciertos temas que fundamentan el tema de investigación, aparte se establecen herramientas de análisis. En cuanto al tercer capítulo, correspondiente al marco metodológico, está enfocado en justificar los procesos, pasos, técnicas empleadas para formular y resolver el problema planteado en la investigación, este está constituido por el enfoque, alcance, diseño, variables, muestra, instrumentos de recolección de datos, método de análisis y cronograma. En cuanto al cuarto capítulo, corresponde al análisis de la situación actual, que reúne la revisión de aquellos factores tanto internos como externos que se pueden identificar en una empresa, este capítulo está constituido por, descripción del problema, medición de las consecuencias y análisis de las causas.

También, se determina el capítulo cinco, correspondiente a las conclusiones y recomendaciones, donde gracias a las variables en estudio se pueden determinar ciertos aspectos relevantes de la investigación, que sirvan de antecedentes para próximas investigaciones relacionadas, por último, se encuentra el capítulo seis, correspondiente a la propuesta, siendo este, de mucha importancia, ya que aquí se plasma, el aporte que da respuesta al problema planteado en

esta investigación, este apartado está constituido por, la propuesta, el análisis económico y el plan de Implementación.

Generalidades de la Empresa

La empresa Coloplast está ubicada en la provincia de Cartago en Costa Rica, donde su principal producción es la elaboración de productos y servicios enfocados en el área de la medicina, se dirige a personas que tienen alguna discapacidad física relacionada con la ostomía, incontinencia, urología, o heridas en la piel.

Así como lo menciona en su página de internet Coloplast S.A:

Desarrolla productos y servicios para facilitar la vida de aquellas personas con condiciones médicas verdaderamente personales y privadas. El hecho de trabajar de forma muy cercana con personas que utilizan los productos permite crear soluciones sensibles a las necesidades que los usuarios afrontan. A estas necesidades, las denominamos necesidades especiales en el cuidado de la salud. (párr. 1)

Es importante destacar la Misión y Visión que tiene la empresa, para conocer cuáles son sus alcances y proyecciones a corto y largo plazo. Es por lo que de la página oficial de la empresa se extraen estas e indican:

Misión

Coloplast es una compañía danesa con subsidiarias en los países más importantes del mundo, dedicada a proporcionar los mejores productos a personas que tienen alguna discapacidad física relacionada con la ostomía, incontinencia, urología, o heridas en la piel. Desde su misión se proponen mejorar la calidad de vida de estas personas cubriendo todas sus necesidades, a través de una continua investigación y desarrollo de nuevas soluciones.

Visión

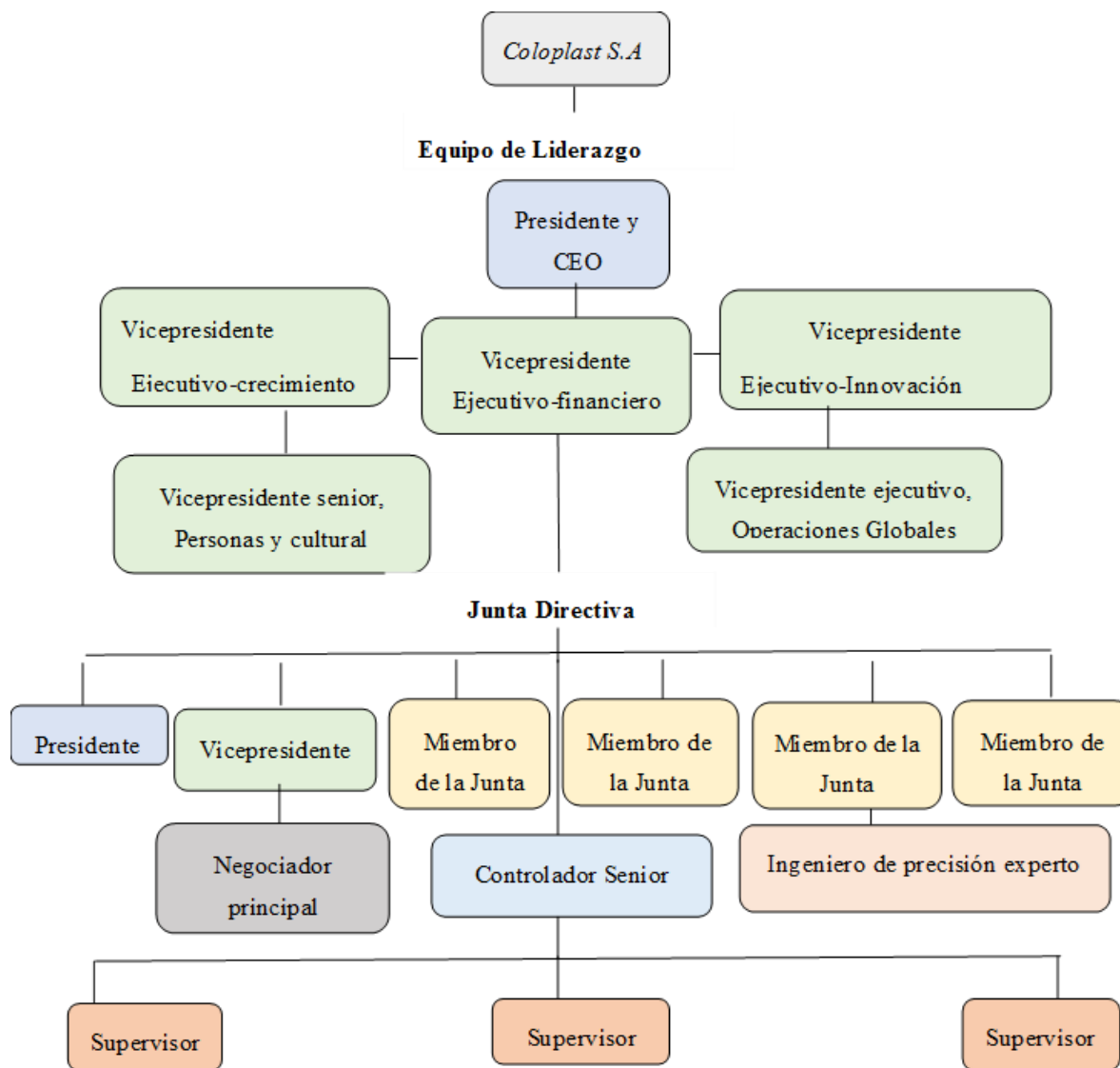
Desde la visión Coloplast busca establecer niveles globales de escucha y respuesta, también se destacan su fuerte creencia en que el trayecto para obtener resultados sobresalientes se hace más corto, cuando las personas se logran divertir en el camino.

Organigrama

La empresa Coloplast, posee una estructura organizacional, la cual está constituida por ciertos miembros que desarrollan una función en específico generando que la empresa pueda trabajar de forma ordenada y eficiente.

La **Figura 1** muestra un ejemplo de cómo está constituida la empresa Coloplast, en cuanto a los puestos que están al tanto del manejo administrativo de la empresa son:

Figura 1 Organigrama



Nota: Coloplast (s.f)

La organización de la empresa Coloplast S.A es de vital importancia para su éxito y supervivencia en el mercado. Una organización eficiente y efectiva ayuda a la empresa a lograr

sus objetivos y adaptar a los cambios del mercado, en cuanto, a los desafíos del entorno empresarial. En la **Tabla 1** se muestra la organización correspondiente al tratamiento ofrecido por la empresa:

Tabla 1 Organización Coloplast

Grupo Coloplast			
Atención Crónica		Unidades Estratégicas de Negocio	
Cuidado de la Ostomía	Cuidado de la continencia	Cuidado de heridas y piel	Urología Intervencionista
Innovación			Marketing
Crecimiento			Ventas
Operaciones Globales			R y D
			Operaciones
Funciones de Soporte comercial global			

Nota: Coloplast (s.f)

Planteamiento del Problema

La presente investigación pretende establecer un mecanismo que sirva de plan autónomo de mantenimiento basado en diversas estrategias, para que una máquina productora de dispositivos médicos sea más eficiente, generando así, que la producción aumente de forma paulatina.

Por otra parte, las máquinas de la empresa Coloplast, han presentado ciertos paros producto de diversas fallas, generando que los equipos no estén disponibles llevando al poco cumplimiento de las metas de producción establecidas por demanda.

También, cabe resaltar que otra de las problemáticas se enfoca en que los operarios encargados del mantenimiento no tiene la capacitación y herramientas necesarias para dar soporte a todas las máquinas que presentan diversas fallas, es por eso, que la investigación va enfocada en la reducción de los tiempos muertos que ocurren muchas veces por falta del mantenimiento

constante, ya que las máquinas productoras de multis, necesitan de un plan estratégico que acelere la productividad de la empresa. Es importante resaltar, que actualmente la empresa cuenta con 3 técnicos por turno para el mantenimiento de 7 máquinas.

Por otra parte, los equipos no obtienen el mantenimiento adecuado en cuanto a la lubricación y limpieza, debido a que los técnicos pasan en otras funciones, y descuidan este tipo de mantenimiento, generando que las políticas de calidad y seguridad, no sé están teniendo en cuenta en completitud, además, las máquinas productoras de multis se detiene hasta por más de 7 horas.

Las máquinas no optimizan la materia prima generando que el tipo de producto produzca mucha suciedad y fallas en los cortes, también, cabe resaltar que estas máquinas son muy obsoletas generando un mal funcionamiento por tiempos prolongados efectuando retrasos de productos y pedidos. Mediante las observaciones que se han realizado en la planta se ha observado que existe un déficit en la maquinaria multi, que, aunque cumplan con la producción, presentan desperfectos que terminan ocasionando inestabilidad productiva y laboral.

Por lo antes mencionado, es que se evidencia en dicha empresa la existencia de atrasos constantes de producción, la perdida de materia prima y mala capacitación del personal encargado, generando así, que se invierta mayor tiempo para que la producción cumpla su meta establecida, debido a eso es que surge la incógnita de ¿Cómo generar un plan implementación que proporcione un mantenimiento autónomo efectivo la máquina productora de multi con el objetivo de disminuir los paros en la misma?

Objetivos

Los objetivos planteados en esta investigación son aquellos que le van a dar sentido a los mecanismos que se deben implementar, así que se ha diseñado un objetivo general basado en la idea de proponer el plan de mantenimiento y también cinco objetivos específicos que marcan la hoja de ruta para alcanzar la planificación de la propuesta indicada.

Objetivo general

Proponer un programa de mantenimiento preventivo para la máquina multi en la empresa Coloplast.

Objetivos específicos

1. Describir la problemática que ocasiona los paros en la máquina multi.
2. Medir las consecuencias que genera los paros durante el proceso.
3. Analizar las causas de los paros.
4. Desarrollar la propuesta para la disponibilidad de la máquina multi.
5. Establecer los controles para el cumplimiento de la propuesta.

Justificación

Esta propuesta de proyecto tiene como finalidad generar un plan preventivo a la empresa Coloplast para la máquina productora de multi sea más efectiva, de manera que los productos sean de calidad, satisfacción y utilidad para los clientes. En especial, al considerar que la empresa Coloplast genera mucha inversión en material y maquinaria específica para la creación de estos productos médicos, lo cual es importante que esa inversión se vea reflejada en la producción funcional.

Por lo anterior, es que los dispositivos médicos son bienes de vital importancia, ya que por ser una ayuda a diferentes enfermedades logra con los productos que genera transformar vidas. Así que se puede argumentar que esta máquina exige una inversión considerable en su adquisición y muchas veces tienen altos costos de mantenimiento. Según Narváez et al. (2021) se puede mencionar que el mantenimiento autónomo:

Es uno de los pilares fundamentales en la implementación del mantenimiento en las organizaciones, porque aprovecha el conocimiento y contacto que los operarios tienen con los equipos para mantenerlos en condiciones óptimas. Se busca que los operarios por iniciativa propia cuiden, mantengan y conserven la maquinaria en buen estado. (p. 3)

Por lo tanto, es importante contar con un plan de mantenimiento autónomo, así como uno preventivo y de calibración, para que cada equipo desarrolle un correcto funcionamiento dependiendo del nivel de equipos médicos vendidos a los usuarios que acuden a la empresa Coloplast.

Además, un plan de este tipo prolonga la vida útil de los equipos y minimiza los costos relacionados con su posesión. Es así que, las entidades que prestan servicios de mantenimiento

deben tener en cuenta la creación de departamentos de mantenimiento con personal capacitado e idóneo en el manejo y funcionamiento de estos. Por otra parte, la tendencia actual de la economía impulsa a contar con un servicio de mayor calidad y a un costo que resulte competitivo, dicha productividad debe acogerse a un control de calidad formalizado que obliga a que el equipo utilizado para proporcionar el equipo médico funcione correcta y continuamente.

Antecedentes

Los antecedentes utilizados en la presente investigación se centran en extractos de recomendaciones y conclusiones de tesis para optar por el grado de Bachillerato y Licenciatura en Ingeniería Industrial, presentadas en diferentes universidades que incluyen temas relacionados con el mantenimiento autónomo y preventivo en diferentes áreas de una empresa. También se utilizan otros documentos de carácter científico e investigativo en los que se han abordado la temática de estudio.

Es importante recalcar, que en el tema de un plan de mantenimiento autónomo en cuanto a las máquinas productoras de multis, no existen antecedentes rotundos, sin embargo, a continuación, se mencionan algunos antecedentes cercanos a las situaciones que se dan en cuanto al mantenimiento de ciertas áreas y máquinas de una empresa productora.

Antecedentes de tesis

Gonzales et. al (2018) en su tema de investigación titulado “Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE”, publicado en la Revista de Ingeniería Industrial, en donde se explica cómo se ha utilizado el mantenimiento industrial en diferentes sectores del mercado, permitiendo con su aplicación consolidar un mejor ambiente laboral y la actualización de este para su mejora continua, el objetivo de este método es el análisis de las diversas problemáticas que se presentan durante el desarrollo de la producción, y con esta información brindar soluciones y mejoras. Donde establece que:

Con el fin de obtener mejoras durante los tiempos empleados para dar el debido mantenimientos en las situaciones de producción consolidando a un grupo de colaboradores que logren contribuir en equipo para agilizar las tareas dentro de la empresa, se utilizaron diversas metodologías como el Análisis de modo y efecto de Fallas (AMFE), con el cual se lograron diversos beneficios como el identificar con mayor rapidez los

espacios o sectores que necesitan con mayor frecuencia de mantenimiento y mejoras, esto contribuye gradualmente a extender la vida útil de ciertos implementos de trabajo y su utilidad. “AMFE, tiene como objetivo analizar los problemas potenciales que se consideran y abordan a través de procesos de desarrollo del producto, considerando que es una metodología analítica” (Nápoles-Villa, 2016) tomado de (Gonzales y otros, 2018, p. 212).

Rodríguez (2018) en su tema de investigación titulado, Propuesta para la tesis implementación de un Modelo de Gestión de Mantenimiento en Tropical Paradise Fruits Company. Informe de Práctica de Especialidad para optar por la licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial, de Universidad Técnica Nacional de Costa Rica. Su finalidad era tomar en cuenta indicadores a la hora de realizar el plan de mantenimiento preventivo autónomo, así como la necesidad de seguir una metodología de 7 pasos, que buscan diagnosticar la cultura actual de la empresa y su personal, planear la estrategia organizacional, articular una clara visión del cambio, la asignación de roles a los líderes, analizar los comportamientos presentados, implementar métodos de recompensas y realizar las evaluaciones y seguimientos necesarios, así como el software de consulta y control de información

Con respecto al mantenimiento preventivo y a los indicadores de mantenimiento, el autor Rodríguez (2018) indica que:

Actualmente, es muy común encontrarse en la industria que una gran cantidad de directores de mantenimiento poseen la idea de que se debe invertir en mantenimiento como un negocio y no como un gasto. Esto ha hecho que cada vez sea más común el mejoramiento de las funciones del departamento, y muy importante, cuantificar el rendimiento de este en el negocio. El mantenimiento trabaja como un ente regulador del sistema productivo, donde los índices son de vital importancia para la evaluación de las acciones del departamento. Los indicadores de mantenimiento son una expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, donde se utilizan en niveles diferentes dependiendo de lo que se puede medir y controlar (Améndola, 2007). Para comprobar que se están cumpliendo los indicadores se debe presentar un cuadro de mando integral, mejor conocido como Balanced ScoreCard. Esto es una metodología elaborada por Robert Kaplan y David Norton (1992), donde su idea es organizar los indicadores para

una adecuada función de estos. Se establece de acuerdo con cuatro perspectivas principales, que son: · Financiera · Cliente · Procesos internos · Aprendizaje y crecimiento (p. 33).

Herless (2018) en su tema de investigación titulado “Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en las cámaras frigoríficas para mejorar la productividad de la Empresa Newrest Inflight S.A.C., Callao, 2017. Trabajo para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial Escuela Profesional De Ingeniería Industrial, Lima – Perú. profundiza sobre esta temática indicando que:

El objetivo del TPM es asegurar que los equipos ubicados en planta deben estar en condiciones óptimas, logrando un proceso de mejora continua en los diferentes procedimientos de mantenimiento desde el arranque hasta la parada, con un funcionamiento perfecto sin averías asegurando estándares de calidad. Objetivo desde una perspectiva estratégica “Consiste en involucrar el TPM a todos los departamentos que se encargan de planificar, diseñar, direccionar y mantener a los equipos (mantenimiento, ingeniería, producción, gerencia)” (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 140). “Fortalecer el trabajo en equipo formando pequeños grupos, implementando actividades autónomas, incrementando la participación del trabajador y que pueda aportar lo mejor de sí, logrando conseguir un entorno de trabajo creativo, seguro y agradable” (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 140). Construir en la empresa capacidades competitivas sostenibles en el tiempo, logrando que cada proceso sea flexible, involucrando la reducción de los costos operativos y mejorar la efectividad de los sistemas productivos”. (p. 40)

Llontop (2018) en su tema de investigación, titulado “Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el Área de Extracción de Jugo Trápiche para medir el Impacto de la Productividad de la Agroindustria Pomalca SAA” Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, que presentó para optar por el grado académico de maestro en ingeniería industrial con mención en gestión de operaciones y logística Chiclayo, Perú. Explica sobre el TPM que:

Las prácticas básicas que se efectúan en el TPM son a menudo llamados los pilares o elementos de TPM, los cuales sostienen todo el edificio de TPM se construye y se gradas, en ocho pilares (Sangameshwaran y Jagannathan, 2002). TPM es de gran ayuda porque abre el camino a una excelente planificación, organización, seguimiento y control de las

prácticas a través de su única metodología de ocho pilares iniciativas de TPM, todo esto es sugerido y promovido por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM), involucrar a un plan de ejecución de ocho pilares que da lugar a aumento sustancial de la productividad del trabajo a través controlada mantenimiento, reducción en los costos de mantenimiento, y reduce paradas de producción y los tiempos de parada. El TPM como núcleo central del mantenimiento propone iniciativas de clasificar en ocho pilares o actividades, con el objetivo de hacer las mejoras en el rendimiento de fabricación, donde se incluye el mantenimiento autónomo. (pp. 36-37)

Espejo (2019) en su tema de investigación, titulado: Plan de mejoramiento del proceso de producción y gestión operativa para Nacional de Cortes S.A.S. Trabajo para optar título de Ingeniería Industrial. Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano. Para la realización de este plan el autor utiliza metodologías como indicadores de tiempo, etapas para el desarrollo, recolección de información, Diagnostico del estado de desempeño del proceso, Diagrama de Espina de pescado, para al final de su trabajo en las conclusiones indicar que:

Desarrollar por medio del método de Gantt, los controles diarios de la producción y la operatividad de cada máquina ya que, de esta manera, identificamos las fallas y controlamos el ingreso y salidas • Capacitar el personal para la manipular apropiadamente las máquinas y herramientas de uso • Implementar herramientas de medición con precisión, para mantener límites de errores. • Incluir un acompañamiento en el proceso de operatividad, manteniendo la moral y la buena armonía de la planta de producción. (p.46)

Alcázar y Carbajal (2019) en su tema de investigación titulado Implementación del plan de mantenimiento autónomo para mejorar la disponibilidad de los equipos en una industria gráfica, para obtener el título profesional de: Ingeniero Industrial, Universidad César Vallejo. Aplica el plan de mantenimiento autónomo, así como aplica distintos indicadores, siendo algunos de estos el ciclo de Deming (PHVA), Dimensión MTTR, Dimensión MTBF y de Disponibilidad, con el fin de determinar en sus resultados que la implementación del plan de mantenimiento autónomo mejoró la disponibilidad de los equipos, reduce los tiempos de reparación y redujo las paradas de los mismos, así como:

Se evidencia que al inicio la disponibilidad promedio de los meses enero a mayo era de 89.16% y que luego de la implementación. Esta asciende un promedio de 93.96%

entre los meses de junio a octubre, esto equivale a una mejora del 4.8% en la disponibilidad del equipo. (p.19)

Torres (2020), en su tema de investigación titulado: Mejora de la eficiencia en el proceso de instalación de elevadores en la empresa Electro Céspedes S.A, de la Universidad Americana de Costa Rica, en donde se explica entre sus conclusiones y recomendaciones que a la hora de seguir los procedimientos y las técnicas de una correcta instalación y mantenimiento del equipo, se procede a una gestión adecuada y sin paros ni retrasos, ya que gracias a los empleados a través de supervisores e inspectores se produce una mejora en cuanto a la eficiencia.

Por otra parte, Torres (2020) menciona que la motivación, capacitación del personal, la supervisión constante y la comunicación efectiva son parte fundamental en el correcto accionar de cada empleado encargado de su área en específico. En cuanto a sus recomendaciones menciona que, para medir el rendimiento y mantenimiento de los equipos de cada empresa, es de gran importancia ver en los empleados el accionar de ellos y generar evaluaciones que contribuyan a la mejora de sus tareas constantes, aparte, la implementación de charlas y capacitaciones fomenta en ellos un panorama más amplio y lleno de experiencia.

Otra recomendación que menciona Torres (2020) es que las empresas siempre deben buscar una mejora continua para todos los procesos que desarrollan, siempre basándose en las normas que rigen la mejora continua por ejemplos las ISO, se hace hincapié en cuanto a los aspectos que debe desarrollar y llevar una adecuada gestión donde las responsabilidades y obligaciones de los participantes estén bien definidas, teniendo como importancia delegarles a los empleados el debido monitoreo y control de los equipos. (pp. 65-67).

Jiménez (2020) en su tema de investigación titulado Plan de implementación del método de las 5s en el departamento de trituración de agregados de la empresa constructora Hernán Solís SRL, para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial, en la Universidad Americana de Costa Rica. Establece en sus conclusiones que se realizó un estudio para determinar los tiempos y movimientos y así verificar si eran los más prudentes en la gestión laboral. Este paro se da porque se presenta un desorden que genera tiempos muertos, atrasos en los proyectos, costos operativos.

Aunado a ello, detalla que un 53% de los trabajadores encuestados manifiestan que existe una delimitación en cuanto al tiempo apropiado de producción, debido a las deficiencias de limpieza, clasificación, disciplina y bienestar común entre las áreas. Por otra parte, el autor destaca

que la implementación de las 5S sirvió para detectar los lugares de trabajo con más puntos de mejora, como almacenamiento, repuestos y mantenimiento de equipo, lo que generó una reducción de las horas extras. En cuanto a sus recomendaciones, establece que se debe implementar un plan de mantenimiento tanto para equipos como para estructuras en general, también establecer los indicadores pertinentes medir en función a la metodología de las 5S.

Antecedentes de artículos científicos

Castillo et al. (2018) basado en el “Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas”, publicado en la Revista de Ingeniería Industrial 2(4) de la Universidad tecnológica de Altamira, en donde indican sobre el mantenimiento Autónomo y planificación que:

El mantenimiento autónomo son un conjunto de actividades que se realizan de manera rutinaria por todos los trabajadores en los equipos que estos operan, estas actividades incluyen inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambios de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. (Ramos y Alfredo, 2014). Un programa de mantenimiento planificado tiene como objetivo crear un sistema efectivo de intervenciones de mantenimiento planificadas. Diseñado para garantizar un proceso de producción estable. Este mantenimiento se centra en las actividades destinadas a prevenir los fallos, estas actividades incluyen inspecciones, controles, sustitución, diagnóstico, etc. Una ventaja por el mantenimiento planificado es un mayor flujo de producción, reducción de las consecuencias de las fallas y su Impacto en la calidad y seguridad laboral, emergencia de equipos, Reducción significativa del costo de reparación y mantenimiento de maquinaria y equipamiento. (pp. 29-35)

Garay y Maceda (2020) titulado “Aplicación de la metodología TPM para reducir los retrasos en los pedidos en una empresa fabricante de etiquetas” que se publicó en la Revista de Ciencias Empresariales. Expresa sobre que el TPM lo siguiente:

Es una filosofía originaria de Japón, que se enfoca en mejorar continuamente la disponibilidad de los activos físicos de una organización y evitar su degradación, para lograr la máxima eficacia eliminando pérdidas. Estos objetivos requieren un fuerte apoyo

de gestión, así como un uso continuo de equipos de trabajo y actividades en grupos pequeños para lograr mejoras incrementales (Liu et al., 2018). TPM se analiza en tres palabras: Total (...) Productivo (...) Mantenimiento (...) Esta metodología mejora la productividad y cambio en la organización desde nivel operativo hasta el nivel gerencial. El análisis de ello contribuye a un mejoramiento continuo de los procesos estructurados, a fin de estandarizar su eficiencia con costos mínimos asociados (Hooi & Leong, 2017). La definición de los pilares adoptados en el TPM depende mucho de la estructura y filosofía que utilizará la empresa, siendo personalizado según el tipo empresarial. El trabajo para el establecimiento de pilares debe tener como foco las dimensiones de productividad, calidad, atención al cliente, seguridad y moral, tal como señala Azizi (2015). (pp. 61- 62)

González et al. (2020) titulado AMEF como herramienta de la Industria 4.0 en el mantenimiento Industrial, Publicado en la Revista de la Ingeniería Industrial, analizar y lleva a cabo el mantenimiento industrial utilizando el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) como herramienta de la Industria 4.0, para identificar tendencias del mantenimiento con el fin de lograr la mejora continua de la ingeniería y entre sus resultados destaca que la Industria 4.0:

Ofreciendo un panorama satisfactorio al utilizar los pilares de esta herramienta en el mantenimiento industrial como una alternativa más para lograr eficiencias óptimas en este rubro de la ingeniería. (...) ofrecen estrategias de trabajo sobresalientes a diferencia del enfoque tradicional. Como parte de los resultados, se realizó una comparativa del proceso convencional de mantenimiento con los procedimientos a través de la herramienta de Industria 4.0, logrando optimizar tiempos, espacios y comunicación tanto en el departamento de mantenimiento como en la entidad en que se analizan los casos. Una de las tendencias importantes y que se puede ofrecer como un área de oportunidad es el efecto de la multidisciplinariedad que se tiene con el proceso de la Industria 4.0, sobre una rama de la ingeniería no explorada con estas herramientas y que al momento de abordarlas se identificó un logro importante para el departamento de 0 1 2 3 4 5 0 1 2 3 4 5 6 7 8 Tiempo de ejecución (...) en los primeros pasos del proceso no se lograba puntualizar de manera concreta al pasar el tiempo y aprovechar los pilares que ofrece la herramienta. (...) se logró aumentar la eficiencia de éste en un 23% y los trabajadores van acumulando mayor experiencia vinculándose cada día más con las nuevas tecnologías y no solo la automatización que en generaciones anteriores era lo más sobresaliente dentro del

mantenimiento. Además, la gestión en mantenimiento mejora sus tiempos de aplicación gracias a los sistemas integrados, Big Data e internet de las cosas, sin olvidar la sinergia que se presentó por parte del personal asignado a las tareas del mantenimiento industrial. (pp.19,20)

Velázquez et al. (2020) titulado Mejoramiento de la productividad en la fabricación de grandes piezas de fundición, publicado en la Revista de la Alta Tecnología y Sociedad, explica la importancia de un plan de mantenimiento, así como utiliza metodologías de RCM (Reliability Centred Maintenance, Mantenimiento Basado en la Fiabilidad), la Gestión de confiabilidad operacional (CO) para con la empresa Fundidora Especializada del Nazas, SA de CV y concluye que:

La empresa debe elaborar e implementar un plan de capacitación, durante el proceso de la implementación, el personal mejorara continuamente en sus actividades en beneficio propio y el de la organización. El mantenimiento actual requiere de una modificación para esta mejora, actualmente se cuenta con mantenimientos correctivos que provocan paro de producción inesperada para ello se debe de enfocar en un mantenimiento preventivo con ayuda de un software y reducir los correctivos logrando Mantenimientos Proactivos que genere más utilidad para la organización Al emplear una metodología a través de un perfeccionamiento de la Gestión de mantenimiento logrará la "rentabilidad de la disponibilidad" de la empresa. Describir de manera sencilla y de fácil entendimiento la política y objetivos integrados en el sistema de gestión encaminará su mejora continua y deberá ser entendido por toda la organización. (P.29)

Canahua (2021) denominado Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica, de la Revista Industrial Data, en el cual explica sobre el Lean Manufacturing que:

La metodología Lean Manufacturing se aplica cada vez más en compañías manufactureras, independientemente de su tamaño, a fin de volverlas más competitivas y sostenibles y de que logren posicionamiento en el mercado moderno; asimismo la aplicación de esta metodología resultó en una gran agilidad en los procesos de producción.

Por lo tanto, la aplicabilidad de Lean en pymes se reconoce como crucial para el desarrollo de economías en todo el mundo. Aunado a ello, en sus resultados indica que:

El uso y aplicación de la metodología TPM- Lean Manufacturing es conveniente para mostrar el diagnóstico del estado actual y para encontrar y proponer alternativas a fin de lograr la mejora de un proceso de fabricación. – Es tangible la influencia que el uso de las herramientas de la metodología Lean Manufacturing tiene en el incremento de la eficiencia de la producción de repuestos para equipos del sector minero en la empresa metal mecánica FRESEP SAC.– Mediante el procesamiento adecuado de una necesaria base de datos, se pueden determinar las causas fundamentales de la baja OEE en la producción de repuestos; estas causas, en el caso de la empresa en estudio, son el incumplimiento de los mantenimientos preventivos y el exceso de horas utilizadas en mantenimientos correctivos, según se obtuvo a través de la utilización de la metodología TPM. – Mediante la aplicación de la metodología TPM, la OEE en la producción de repuestos para equipos del sector minero en la empresa metal mecánica FRESEP SAC se ha incrementado de 32.86% a 85.58%. (p.50-58)

Hernández et al. (2023) menciona en la “Aplicación de la metodología 5S en un almacén para mejora en una industria azucarera” de la revista Digital Publisher. Explican sobre las 5S que:

La metodología 5S es una herramienta que trata de mejorar el espacio de trabajo para tener mayor eficiencia y eficacia en el proceso operativo, por medio de rutinas se pretende estandarizar el trabajo para eliminar las mudas y los desperdicios de tiempo con base a la clasificación (seiri), orden (seiton), limpieza (seiso), estandarizar (seiketsu) y conservar (shitsuke) (Manzano y Gisbert, 2016). Esta metodología no debe ser tomado como algo pasajero, o solo para pasar alguna prueba o auditoria, más bien debe considerarse como una conducta de la vida diaria. Las 5S's son parte fundamental para el modelo de gestión de calidad en la parte de mejoramiento continuo, involucramiento y participación de los interesados, además que reforzar la cultura de la calidad es importante para mantener ambientes de trabajo ordenados, limpios y más productivos (Cruz, 2009). Las 5S's son provenientes de términos japoneses: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, apareciendo a principios de los 80's como una necesidad para la mejora de la

calidad (Inga y Coyla, 2022) Por tanto, el objetivo de este trabajo fue la de implementar la metodología 5S en el almacén de refacciones para mejorar las condiciones de trabajo que permitan la mejora en los índices de productividad mediante la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia. (p. 3)

Proyecciones

En la presente investigación, se proyecta que la implementación del plan de mantenimiento preventivo para la máquina productoras

de multis generará procesos más eficientes en todas las áreas de productividad, incorporando aspectos de mejora continua. Se espera que esta estrategia conduzca a un rendimiento operacional mejorado de las trayectorias de productividad, lo cual resultará en una mayor eficiencia en la producción a nivel empresarial, a continuación, se presentan las proyecciones del presente trabajo:

1. Implementación del plan de mantenimiento preventivo:
 - Generar procesos más eficientes en todas las áreas de productividad.
 - Mejora continua en la organización.
 - Rendimiento operacional mejorado.
 - Mayor eficiencia en la producción a nivel empresarial.
2. Reducción de paradas por averías:
 - Adecuado acondicionamiento en fiabilidad, disponibilidad y seguridad.
 - Disminución de costos asociados.
 - Mayor disponibilidad de los equipos.
 - Evitar retrasos que afecten la productividad.
3. Implementación de la técnica de las 5S:
 - Clasificación, organización, limpieza, estandarización y mejora continua.
 - Entorno o Ambiente de trabajo ordenado, limpio, seguro y eficiente.
 - Gestión eficaz del mantenimiento.
 - Mejora continua en la productividad y Mayor eficiencia en la calidad
4. Concienciación del personal y adquisición de conocimientos técnicos:

- Respaldo técnico y operacional para el personal.
 - Reducción de dependencia de técnicos especializados.
 - Implementación del Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMFE)
5. Metodología de los 7 pasos:
- Diagnóstico de la cultura organizacional y personal.
 - Planificación estratégica del cambio.
 - Asignación de roles y análisis de comportamientos.
 - Implementación de métodos de recompensas y evaluaciones.
6. Implementación del plan autónomo:
- Uso de software para consulta y control de información.
 - Previsión de cambios de repuestos.
 - Reducción de tiempos de inactividad de las máquinas.
7. Implementación del mantenimiento autónomo:
- Capacitación de los trabajadores en actividades de mantenimiento.
 - Responsabilidad y autonomía de los trabajadores.
 - Disminución de fallas, mayor eficiencia y participación de los empleados.
8. Implementación del Total Productive Maintenance (TPM):
- Establecimiento de un programa de implementación del TPM.
 - Involucración de todos los departamentos.
 - Aumento de disponibilidad, reducción de averías y mejoras en calidad y eficiencia.
9. Aplicación de Lean Manufacturing y TPM:
- Identificación y eliminación de desperdicios.
 - Mejoras incrementales y búsqueda de la excelencia operativa.
 - Participación de los empleados en la mejora continua.
 - Mayor agilidad, reducción de costos y tiempos de producción.

CAPÍTULO II MARCO TEORICO

El presente capítulo tiene como fundamento los objetivos y el problema de estudio planteado en esta investigación, con lo cual se presentan las ideas y fundamentos claros que sirven de base documental relacionados a los conceptos y herramientas importantes del contexto de mantenimiento bajo la perspectiva de la Ingeniería Industrial. Dentro de los ejes temáticos expuestos, se inicia con la explicación sobre en qué consiste el mantenimiento y sus diferentes tipos; asimismo se incluyen las metodologías efectivas, en cuanto a identificar fallas en diversos equipos por falta de mantenimiento y diversas herramientas idóneas para determinar las causas y consecuencias de la maquina generadora de multis en la empresa Coloplast.

Conceptos Generales

La ingeniería industrial es una disciplina que se enfoca en la optimización de los procesos, sistemas en empresas y organizaciones, con el objetivo de maximizar la eficiencia y productividad. Algunos conceptos esenciales en esta disciplina relacionados con el mantenimiento industrial son:

El mantenimiento y su administración

Este proceso consiste en que se generen actividades necesarias para que se mantenga un funcionamiento optimo en equipos y maquinarias utilizadas en el entorno industrial. El mantenimiento desencadena una serie de procesos que se deben tener en consideración, como: inspección, reparación, ajuste y limpieza de los equipos esto con la finalidad de prevenir problemas y minimizar los tiempos de inactividad, tal como indica Boero (2020) “Las compañías deben invertir esfuerzos para optimizar todos los recursos productivos. Se requiere una mejora continua donde el trabajador pasa a ser el personaje del perfeccionamiento sostenido” (p. 9). En relación con lo anterior, se recalca la importancia de capacitar y guiar a los trabajadores, ya que estos son capaces de dominar la tecnología existente y producir la mejora continua.

Es importante reconocer que los equipos de una empresa deben ser administrados por personal especializado y que sea consciente de que brindar mantenimiento es necesario para el debido funcionamiento. Este mantenimiento debe ser preventivo, correctivo, riguroso y predictivo, en este sentido, interesa destacar lo definido por Pérez (2021) que interpreta al mantenimiento como:

Toda una serie de acciones que deben realizar las personas encargadas de este departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucrados dentro de un proceso industrial estén en las condiciones requeridas de funcionamiento para lo que fue diseñado, construido, instalado y puesto en operación. (p. 21).

Bajo lo anterior, es que se evidencia la importancia del trabajador dentro de una empresa esta importancia radica en su responsabilidad de comprometerse con diligencia y eficiencia en la realización de sus tareas. Si actúa diligentemente y cumple con sus responsabilidades, puede tener un impacto positivo en la productividad y el mantenimiento de equipos y herramientas.

Es fundamental destacar que todas las actividades realizadas tienen como objetivo lograr una buena administración, tanto a nivel general como operativo. Esto se realiza para alcanzar indicadores de desempeño y gestión que permitan alcanzar las metas propuestas de manera satisfactoria.

Comprender el alcance del mantenimiento lleva a reflexionar sobre el contexto de las empresas dedicadas a equipos médicos, que tienen una alta demanda en términos de productividad. Por lo tanto, la empresa Coloplast debería considerar la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo en todos sus equipos, para garantizar que cumplan sus funciones con la menor cantidad de interrupciones y reparaciones innecesarias, así como evitar la producción de material contaminado.

El desarrollo de la industria del mantenimiento industrial ha experimentado diferentes etapas y enfoques, de ahí que Medrano, J. et al. (2018) explica que inicialmente, se basaba en la corrección de errores, defectos o daños una vez que se producían. Posteriormente, surgió la necesidad de reducir costos, lo que llevó al diagnóstico de fallas y reemplazo de piezas dañadas. Aquí es donde aparecen los talleres, las reparaciones programadas y los sistemas de planificación y control del trabajo. (p. 16)

El aspecto histórico y evolutivo del mantenimiento industrial se verá reflejado de manera visual en la figura de tiempo de Medrano, J. et al. (2018). La Figura 2 ofrecerá una representación gráfica que mostrará los hitos más relevantes y las etapas clave en el desarrollo de esta disciplina. Desde los primeros días de la revolución industrial hasta los enfoques más avanzados basados en datos y tecnología. La figura es la siguiente:

Figura 2 Historia y evolución del mantenimiento industrial

Nota: Medrano, J. et al. (2018).

Por tanto, en la **Figura 2** se comprende que en la actualidad el mantenimiento es algo fundamental, debido a que, se utilizan muchas normas esenciales para la supervisión rigurosa de los equipos que componen una planta en específico destacando la normativa ISO 55001, la cual establece los estándares para la gestión de activos. Cuyo enfoque se sostiene en sistemas totales con objeto de mejorar la efectividad operativa y los costos del ciclo de vida.

Gestión del mantenimiento

La gestión de mantenimiento tiene como finalidad ayudar a la integración de aspectos con gran relevancia en el departamento de mantenimiento, por lo que se reconoce como un modelo de gestión, el cual debe ser lo más riguroso en cuanto a los objetivos planteados por cada empresa. Además, se destaca que la gestión del mantenimiento industrial implica mantener los recursos de la empresa para que la producción se pueda llevar a cabo de manera eficiente y no se desperdicie dinero en el proceso de trabajo. Sobre este Herrera et al. (2020) mencionan que:

Como resultado de la gestión de mantenimiento, se origina el Plan Maestro de Mantenimiento (PMM), con el cual se planifican y programan rutinas de mantenimiento preventivo a las máquinas críticas del sistema productivo. Para esto, se requiere establecer

niveles de criticidad en las máquinas y equipos, diseñar y aplicar rutinas de mantenimiento preventivo y predictivo, planificar y organizar los recursos necesarios de acuerdo con el presupuesto asignado y necesidades del plan maestro de producción (PMP). (p. 23)

Por lo anterior, cabe mencionar la importancia que implica tener en cuenta los objetivos ya que el mantenimiento previo en cuanto a la gestión de un equipo tiene la finalidad de corregir y prevenir fallas, generando estos puedan continuar prestando su servicio de manera eficiente.

Tipos de mantenimiento

Es importante destacar que existen diferentes tipos de mantenimiento que buscan preservar la vida útil de la máquina y genere una eficiente productividad. Estos tipos de mantenimiento, se pueden adaptar según las necesidades y características de cada empresa, entre ellos están:

Mantenimiento a rotura.

Este tipo de mantenimiento es necesario cuando se producen fallas o averías que impiden el correcto funcionamiento del elemento afectado. Es de gran importancia que este mantenimiento se realice de manera oportuna para que se evite los tiempos de inactividad de los equipos, según Gallará y Pontelli (2020) lo define como:

Este mantenimiento tiene por misión intervenir para establecer de manera inmediata la parada de la maquinaria a como dé lugar. Tiene la característica de ser intempestivo y desorganizado y, por lo tanto, está lejos de ser planificado en principio. Así fueron los comienzos del mantenimiento: una serie de operaciones frenéticas aplicando medios y recursos desordenadamente para restablecer el funcionamiento de los equipos en un afán de ser más eficaz que eficiente. (p. 15).

Respecto a lo anterior, es importante destacar el debido mantenimiento y monitoreo que debe tener una máquina ya que si se llega a la ruptura es muy difícil que se repare y quede de igual manera, debido a que se proporciona es un parche, generando la reparación momentánea, hasta que se pueda cambiar la pieza.

Mantenimiento planificado.

Este tipo de mantenimiento busca que se elabore un plan previo, donde el personal pueda tener un conocimiento de diversos mecanismos que brinden el correcto mantenimiento, evitando los problemas de emergencia, basándose en la inspección regular, el monitoreo y la realización de

tareas de mantenimiento preventivo de rutina. En cuanto a Gallará y Pontelli (2020) mencionan que: “la base de esta modalidad consiste en establecer que se hará, quién o quiénes intervendrán, cuando se procederá, cómo y con qué medios se trabajará”. (p. 15). Este mantenimiento es estratégico y proactivo, para el debido mantenimiento de equipos, generando la prevención de fallas, reducción de tiempos inactivos y optimizar la vida útil.

Mantenimiento preventivo.

En cuanto el mantenimiento preventivo, se reflexiona que su objetivo es establecer diferentes tareas programadas, con la finalidad de que la máquina de la empresa siempre trabaja en un cien por ciento. En este punto es importante destacar que el autor Pérez (2021) detalla que las técnicas de prevención de mantenimiento se establecen en la teoría de la confiabilidad, esto exige contar con buenas bases de información sobre frecuencia de averías y reparaciones existentes en el diseño y control de los equipos de la empresa. (p. 29)

Por otra parte, en este tipo de mantenimiento se incluyen indicadores para mantener un control sobre todas las acciones que se vayan a llevar a cabo o al contrario valorar y analizar las que ya se efectuaron esto con la finalidad de que el equipo prevalezca y cumpla su vida útil.

Mantenimiento predictivo.

El mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento preventivo que se basa en la monitorización y análisis de datos para predecir cuándo es probable que ocurra un fallo en una maquinaria o equipo y programar su mantenimiento antes de que ese fallo suceda. Según Gallará y Pontelli (2020) mencionan que:

El mantenimiento predictivo es especializado en la detección de futuras fallas, se efectúa por medio de instrumentos y ensayos de cierta complejidad basados en desarrollos tecnológicos y siguiendo una serie de procedimientos normalizados. Se fijan secuencias de control de los puntos críticos según el tipo de ensayo y se lleva un historial de los resultados. De esta manera se tiene una idea de cuando ocurrirá la falla y por lo tanto permite planificar la intervención. (p. 17).

Por lo antes mencionado, es importante destacar que este mantenimiento utiliza técnicas de monitoreo y análisis para anticipar fallas, poniendo en acción los debidos procesos industriales, maximizando la disponibilidad y confiabilidad de los mismos.

Mantenimiento correctivo.

Sobre el mantenimiento correctivo, se ha analizado que este se realiza cuando ya el daño está presente en el equipo y lo que busca es identificar si se produjo alguna falla de lo contrario se anula su proceder. De esta manera según Pérez (2021) menciona que se tendría una valoración, esto, a la espera de que se produzca el fallo para la toma de acciones correctivas; aunque si bien es cierto este tipo de acontecimientos generan paradas no previstas y costos de mantenimiento imprevistos. Además, este mantenimiento se puede dar de dos maneras:

1. Mantenimiento correctivo reactivo: Se lleva a cabo cuando el fallo ya ha ocurrido y se toman medidas para solucionarlo de forma inmediata. Este tipo de mantenimiento es comúnmente utilizado en situaciones en las que el equipo o sistema es esencial para el funcionamiento de una empresa o entidad, y cualquier interrupción en su funcionamiento podría generar graves consecuencias.
2. Mantenimiento correctivo programado: Se lleva a cabo después de que se ha identificado una falla o problema, pero se espera hasta un momento oportuno para repararlo. Este tipo de mantenimiento puede ocurrir durante el tiempo de inactividad programado, en el que el equipo o sistema no se está utilizando, o durante un período de baja actividad. (p. 37)

Es importante recordar que el mantenimiento correctivo es esencial, pero no debe ser la única forma de mantenimiento utilizada. El mantenimiento preventivo es crucial para minimizar la cantidad de mantenimiento correctivo que se necesita.

Multi.

La multi es una pieza fundamental para diversos dispositivos médicos, según la empresa Coloplast S.A define este material como:

Una pieza en forma de disco que mide entre 1 a 12 cm, compuesto por dos tipos de adhesivos que son inyectados por medio de un sistema de resistencias y prensas hidráulicas que los derrite en forma de pasta y a la vez son moldeados por un casting con un diseño convexo, suave y flexible, su función principal es ajustarse a la piel como un parche sin afectarla son dispositivos que consta de 2 partes la bolsa plástica y el multi (anillo) que es lo que va pegado sobre la piel también llamadas bolsas de drenaje el objetivo principal coleccionar las heces y la orina que sale del cuerpo. Como se observa en la **Figura 3** en que consiste una multi.

Figura 3 Multi

Nota: Coloplast S.A

Las multis se utilizan para corregir los errores o problemas identificados en los dispositivos médicos. Esto garantiza que los dispositivos sean seguros y efectivos para los pacientes. Sin las multis, los dispositivos médicos podrían tener fallas o errores que podrían poner en peligro la vida de los pacientes. permiten a los fabricantes corregir problemas y mejorar las características de sus dispositivos médicos. Esto asegura que los dispositivos estén actualizados y puedan ofrecer los mejores resultados posibles a los pacientes.

Defectos presentes en las multis

La multi puede presentar diversos defectos o fallas que generen la pérdida total del material utilizado, por lo que se ven afectados diversos aspectos, algunos de los defectos que pueden presentar las multis son:

- **Mala adhesión:** Si la temperatura o presión de fusión del sistema de resistencias no se regulan adecuadamente, el adhesivo no se fundirá correctamente, lo que resultará en una

baja adhesión de la bolsa a la piel. Esto puede provocar fugas o desprendimiento prematuro de la bolsa.

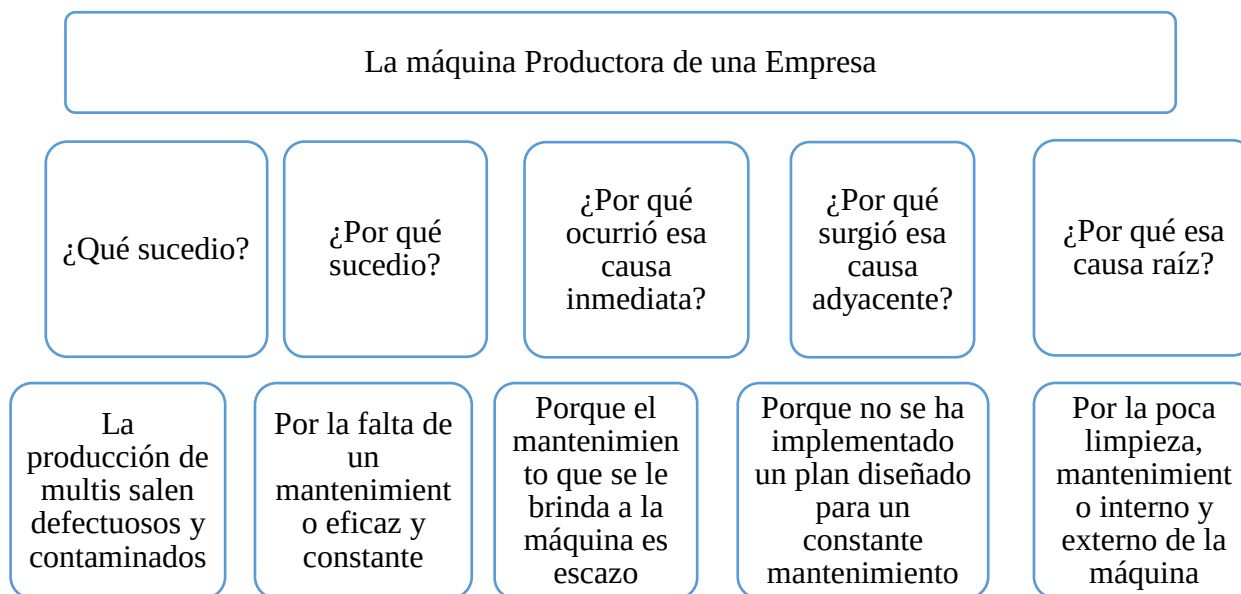
- **Diámetros incorrectos:** Si el casting utilizado para moldar el multi (anillo) no tiene el tamaño adecuado, puede causar incomodidad o dolor al paciente. Un diámetro demasiado pequeño puede ejercer presión excesiva sobre la piel, mientras que uno demasiado grande puede permitir fugas de heces u orina.
- **Suciedad:** Durante el proceso de fabricación, es posible que se acumule suciedad o partículas extrañas en la bolsa plástica o en el multi. Esto puede interferir con la adhesión del dispositivo a la piel o incluso causar infecciones si se introduce en el cuerpo.

Herramientas para Describir el Problema

En este apartado se exponen varias herramientas esenciales para determinar diversos problemas en las máquinas corresponde al gráfico de control, siendo este una herramienta que permite realizar la descripción de una situación problemática a través de la técnica de los cinco porqués.

Los cinco porqués

Al emplear los cinco "porqués" es posible llegar a la raíz del problema y comprender las causas fundamentales que deben abordarse para lograr una mejora sostenible en los procesos de la empresa. Según Pérez (2015) establece que “Los 5 porqués es una técnica de análisis utilizada para la resolución de problemas que consiste en realizar sucesivamente la pregunta “¿por qué?” hasta obtener la causa raíz del problema, con el objeto de poder tomar las acciones necesarias para erradicarla y solucionar el problema” (p. 22). La **Figura 4** hace referencia al número de preguntas a realizar, de esta manera se trata de ir preguntando sucesivamente "¿por qué?" hasta encontrar la solución

Figura 4 Herramienta de los cinco porqués

Nota: Portugués Meoño Jennifer (2023)

En la **Figura 4** se evidencia el desarrollo de los cinco porques siendo estos importante para cualquier proceso de mejora continua ya que proporciona una estructura útil para analizar problemas y encontrar soluciones efectivas.

Mapa de procesos

Teniendo en cuenta el mantenimiento que se debería aplicar a las máquinas productoras de multis es que este método es esencial para el análisis de procesos y detección de oportunidades de mejora en cuanto a la implementación de soluciones y seguimiento de resultados de las estrategias aplicadas, esta herramienta es esencial para la formación y capacitación del personal en cuanto a las auditorías internas y externas de calidad. Según Salau (2018) define al mapa de procesos como:

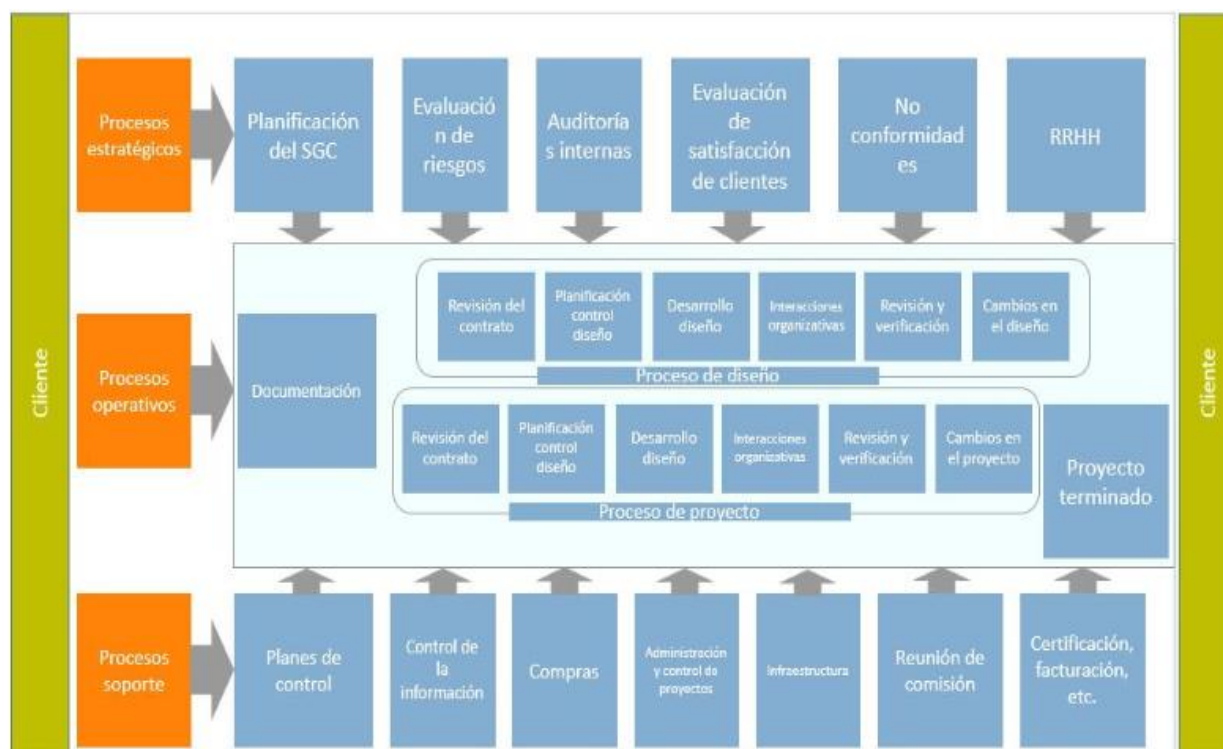
Un modelo vital para elaborar un plan estratégico, porque ayudara a tomar consciencia visual de la misión, representada por los procesos del negocio. Además, permite reconocer la totalidad del hacer de Salau la organización y ubicar en su contexto cualquier proceso específico. (p. 22)

Cabe resaltar que las empresas desempeñas diversas actividades para todo el proceso que conlleva entregar y apoyar el proceso del mercado con la mejora de sus productos. Salau (2018) establece que el mapa de procesos está estructurado por tres tipos de procesos:

- Procesos Estratégicos: Soporta la toma de decisiones sobre estrategias y mejoras de la empresa.
- Procesos Operativos o Claves: Están ligados directamente a cumplir procedimientos esenciales en la empresa.
- Procesos de Apoyo: Sustentan todas las actividades y se apoyan entre sí. (p. 57).

En la **Figura 5** se muestra la herramienta que se utiliza para la recolección de datos:

Figura 5 Mapa de procesos



Nota: ISO 9001:2015. (2016)

Mantenimiento productivo total

Este sistema pretende generar una mejora continua en relación con el mantenimiento de máquinas multis, centrada en el mantenimiento y funcionamiento de los equipos de la empresa Coloplast, teniendo como finalidad que todos los empleados participen en el mantenimiento de su propio entorno de trabajo. Según Imán et al. (2020) menciona que:

El mantenimiento productivo es aquel que involucra la planificación, fabricación y mantenimiento. En él se describe la unión entre todas las funciones de organización, pero

en particular entre la cadena de producción, mantenimiento y buscando la mejora continua de la calidad del producto, eficiencia operativa, control de capacidad y la seguridad de esta. (p. 23)

Los pilares del mantenimiento productivo total son esenciales para que los grupos busquen aumentar los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. Este modelo cuenta con ocho pilares para la construcción de un plan de producción ordenado. Según Imán (2020) son:

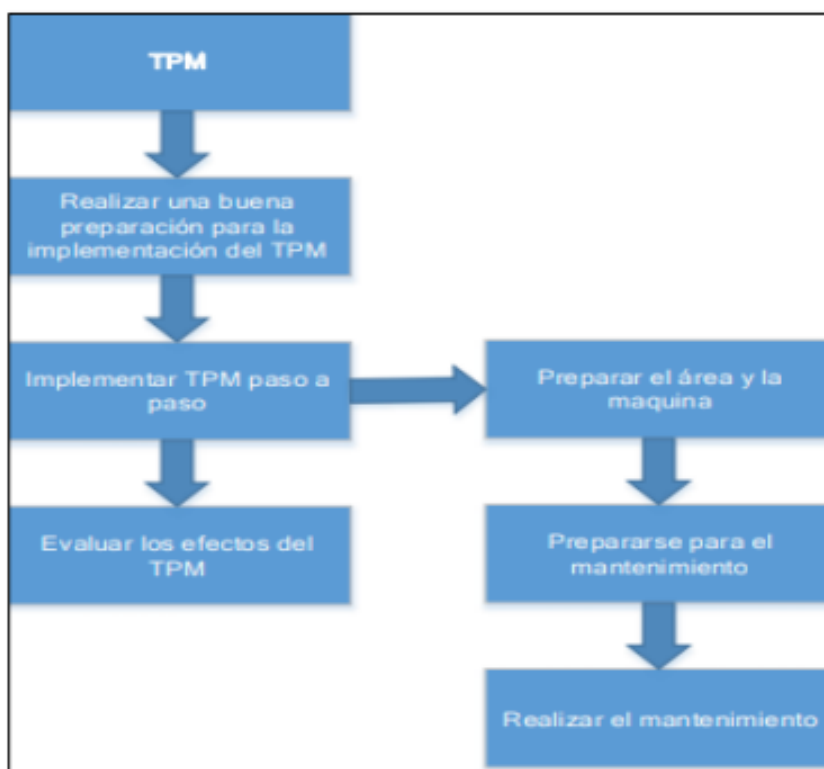
- **Mejora Focalizada.** Ejecutar la eliminación de pérdidas grandes ocurridas a lo largo del proceso productivo, eliminar fallas que los equipos principales y auxiliares puedan presentar, desechar aquellos reajustes no programados y paradas imprevistas del proceso.
- **Mantenimiento Autónomo.** Involucra a todos los colaboradores basándose en la experiencia y conocimiento de los equipos para lograr una detección de posibles fallas o realizar actividades de mantenimiento e inspección preventivas.
- **Mantenimiento Planeado.** Conseguir que la máquina y el proceso se hallen en óptimas condiciones, eliminando las deficiencias a través de acciones de mejora y prevención.
- **Capacitación.** Maximizar las habilidades de los colaboradores de acuerdo a condiciones establecidas, determinando que funciones debe realizar cada uno.
- **Control inicial.** Acciones establecidas durante las fases importantes de los equipos con la finalidad de reducir considerablemente aquellos sobre costos que incurrirán los mantenimientos.
- **Mantenimiento para la calidad.** Actividades de prevención que permiten aumentar la confiabilidad del proceso mejorando el control de los recursos, disminuyendo eventualidades como un cambio en las propiedades o características del producto.
- **Departamento de apoyo.** Incrementar la eficiencia, con la cooperación de las áreas de planificación, desarrollo, administración y ventas, ofreciendo que el proceso productivo funcione con los menores sobrecostos y con la más alta calidad al producto final.

- **Seguridad, higiene y medio ambiente.** Está demostrado que los accidentes laborales incrementan en proporción al número de pequeñas paradas. Está el hecho de asumir con responsabilidad e identificar los riesgos laborales. (pp. 24-25).

Los ocho pilares anteriores, son esenciales, para garantizar un debido mantenimiento y control de las producciones de la empresa Coloplast, para el aumento de su demanda de producción de multís.

En cuanto a las dificultades y los problemas de la empresa Coloplast se propone un método de 3 fases para implementar el TPM. Como se muestra en la **Figura 6**.

Figura 6 Tres pasos para implementar TPM



Nota: Imán et al. (2020)

Los pasos anteriores son de gran importancia para que se dé un mantenimiento total es por eso que se debe preparar con antelación para evitar problemas y que este se genere de manera exitosa. La siguiente **Tabla 2** ejemplifica el paso a paso que debe tener presente para llevar a cabo este sistema:

Tabla 2 Pasos en el desarrollo del TPM

Paso	Objetivo	Actividades
Paso 1	Preparar el área de la máquina	Realizar una primera limpieza e inspección. Eliminar las causas de contaminación y áreas inaccesibles
Paso 2	Preparar el mantenimiento	Desarrollar, limpiar, lubricar y realizar las inspecciones estándares. Proporcionar una formación básica en función de la máquina y los controles para permitir una inspección general eficaz. Mejorar e implementar estándares de inspección autónoma y un calendario para estas.
Paso 3	Realizar el mantenimiento	Dar seguimiento a todos los pasos de las actividades mencionadas y realizar mejoras en caso sean necesarias.

Nota: Imán (2020)

A la hora que se implementan los pasos anteriores se van estableciendo objetivos claros y medibles para mejorar el rendimiento de los equipos y procesos, cuando se concluyan los pasos y se reflejen las mejoras continuas en la organización es de gran importancia que encuentre los procesos de valoración y monitoreo contante.

Herramientas para Medir las Consecuencias

En este apartado, se propone determinar las consecuencias que genera la falta de mantenimiento. De modo que, se utilizan varias herramientas para obtener el porcentaje de las inconformidades en general del proceso de chequeo. También se recurre al diagrama de árbol que permite diagnosticar la causa y efecto del tema en estudio y por medio del AMFE que clasifica las causas del problema para diseñar acciones que eviten las probabilidades de que vuelva a ocurrir.

Herramienta AMFE

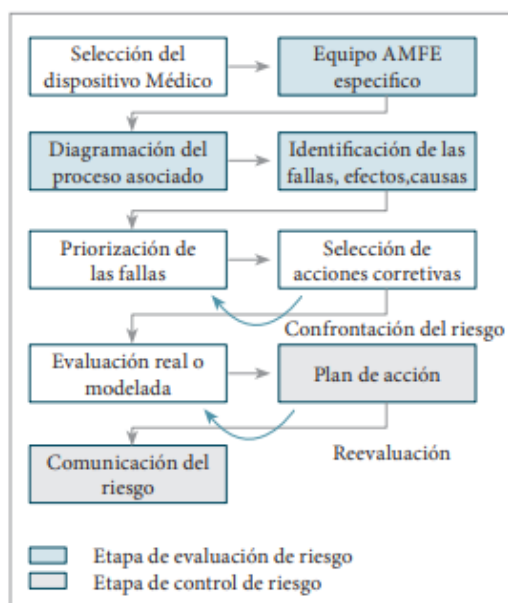
La herramienta AMFE, o Análisis de Modo y Efecto de Falla, es una técnica utilizada en la gestión de calidad para identificar y evaluar posibles fallas o defectos en un producto o proceso,

y así que se tomen medidas preventivas o correctivas para minimizar su impacto. Según González et al (2017) definen esta herramienta como:

Aquella que permite identificar y mejorar fallas de productos, procesos y sistemas, posee un enfoque proactivo. También evalúa y clasifica los efectos, causas y elementos de identificación para obtener un documento preventivo. Esta herramienta tiene un mayor uso con los equipos más críticos evaluados dentro de la empresa. (p. 276).

Por ende, es que esta herramienta es especialmente útil en la industria, donde cualquier fallo puede tener consecuencias graves en términos de seguridad, calidad, producción o costos. Mediante el análisis de los modos de fallo y la implementación de medidas de prevención, el AMFE permite incrementar la fiabilidad y eficiencia de los procesos industriales. La **Figura 7** muestra la metodología AMFE siendo esta la que permite evaluar y mejorar la confiabilidad de un sistema mediante la identificación de los modos de fallos, así como de las causas y efectos asociados a cada uno de ellos.

Figura 7 Pasos de la aplicación de la metodología AMFE



de los equipos de la empresa. Cabe destacar que, esta herramienta es una práctica poderosa en la gestión de la calidad porque ayuda a prevenir fallas y aumentar la satisfacción del usuario o cliente, cabe mencionar que es una técnica efectiva para identificar y evaluar potenciales riesgos y fallos de un sistema.

En la **Figura 8** se muestra como la aplicación de esta técnica puede ayudar a mejorar la calidad, la seguridad y la fiabilidad de los productos y servicios. En cuanto a la empresa Coloplast está tiene su estructura que se visualiza en la siguiente figura:

Figura 8 Análisis modal de daño y efecto

N°	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial	Severidad	Causas potenciales	Ocurrencia	Control actual del proceso	Detección	RPN
1	Corte de máquina	Cortar un área menor a la especificada	No se puede utilizar la pieza multi por las dimensiones . Parte descartada	3	Falta de Pericia del operador; moldes imperfectos; instrumentos de corte defectuoso	4	Inspecciones simultaneas con la operación	3	72
2	Corte de máquina	Cortar un área mayor a la especificada	Reproceso de corte hasta lograr las dimensiones correctas	6	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; navaja de corte defectuosa	5	Inspecciones simultaneas con la operación	3	45
3	Corte de máquina	Rompe el centro de la folia plástica	No se puede ensamblar la pieza multi si presenta cortes en el centro.	3	Falta de pericia del operador; navaja de corte defectuosa; condiciones de configuración deficientes	3	Inspecciones simultaneas con la operación / inspección final	3	72
4	Corte de máquina	se ensucia la folia plástica	Alteración del producto estéril multi. Producto terminado no conforme	6	Falta de mantenimiento; limpieza; orden y estandarización	6	Inspecciones simultaneas con la operación / inspección final de mantenimiento	5	150

N°	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial	Severidad	Causas potenciales	Ocurrencia	Control actual del proceso	Detección	RPN
5	Corte de máquina	Que un operario se corte	Accidente, incapacidad del operario, proceso interrumpido o. Alteración de la producción	8	Falta de pericia del operador; uso inadecuado o falta de elementos de protección personal	2	Operario	1	20
6	Corte de máquina	cortar o entregar piezas incompletas	No se puede generar el material con piezas multi	10	Falta de pericia del operador; herramientas de control de unidades en proceso	6	Inspección final de corte/ conteo inicial en la máquina de corte	4	72

Nota: AMFE empresa Coloplast S.A

Herramienta de árbol de falla y error

Está herramienta es esencial para el análisis de consecuencias, López et al. (2017) menciona que:

Es una técnica deductiva que se centra en un suceso accidental particular (accidente) y proporciona un método para determinar las causas que han producido dicho accidente. Se trata de un método deductivo de análisis que parte de la previa selección de un suceso no deseado o evento que se pretende evitar, sea este un accidente de gran magnitud (explosión, fuga, derrame entre otras) o un suceso de menor importancia (fallo de un sistema de cierre) para averiguar en ambos casos los orígenes (p. 2)

En esta metodología, se comienza identificando el evento o la falla principal que se desea analizar y se traza una línea horizontal que representa este evento. A partir de esta línea, se van trazando diferentes líneas verticales que representan las diferentes causas que pueden llevar a esta falla.

Los autores López et al. (2017) detallan que las causas se van desglosando en eventos o factores más pequeños a medida que se descende en el árbol. Cada evento o factor se va

representando con un nodo en el árbol y se van trazando líneas desde cada nodo hasta el evento principal, indicando la relación causal entre ellos.

Pasos del diagrama de árbol de fallos.

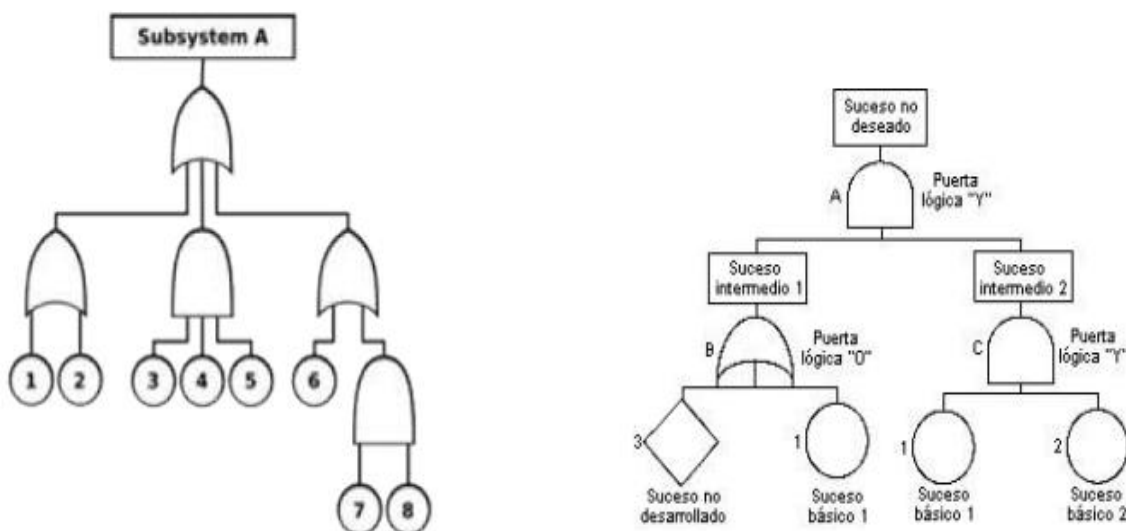
Los pasos a ser considerados en el diagrama de árbol de falla y error según López (2017) son:

- **Descripción del método:** Es una técnica deductiva que se centra en un suceso accidental particular (accidente) y proporciona un método para determinar las causas que han producido dicho accidente. Se trata de un método deductivo de análisis que parte de la previa selección de un suceso no deseado o evento que se pretende evitar, sea este un accidente de gran magnitud (explosión, fuga, derrame entre otras) o un suceso de menor importancia (fallo de un sistema de cierre) para averiguar en ambos casos los orígenes.
- **Lista de chequeo:** Establecer diversos mecanismos conducentes al control de los riesgos. Las listas de chequeo constituyen uno de estos mecanismos y su función básica es la de detectar condiciones peligrosas que puedan generar accidentes o enfermedad profesional, antes que se desencadenen los accidentes o avancen las enfermedades profesionales.
- **Resultados:** El procedimiento propuesto cuenta de cuatro etapas: Preparación, Diagnóstico, Análisis y Control y Optimización, las cuales cuentan con un sistema de actividades para su diseño y ejecución en las que se incluyen metodologías y herramientas de confiabilidad, cuyos resultados conducen a la empresa al mejoramiento continuo.
- **Preparación:** Creación del equipo de trabajo o grupo de expertos, en este paso se crea el grupo de expertos, los cuales se relacionan con la actividad y ocupan los cargos de especialistas en operación, mantenimiento, jefes de área, supervisores y gerentes, cuyas habilidades se complementan entre sí, con vasto conocimiento del tema y se logra involucrar en el estudio a la alta dirección. También, obtención de la información, se recopila la información relativa a los equipos de todas las áreas, comenzando con un trabajo de preparación y registro de información técnica de cada equipo, funciones, parámetros de trabajo, sistemas, datos de fallas correspondientes al período de dos años.

- **Diagnóstico:** Determinación de los equipos con comportamiento conflictivo: En este paso se realizó el análisis de criticidad en el área seleccionada, con el objetivo de establecer niveles de jerarquía en todos los equipos, de acuerdo a criterios previamente establecidos en una matriz que considera los parámetros operacionales, riesgos asociados a la operación, a la seguridad, al medio ambiente y a las fallas del equipo en el período que se analiza. (pp. 2-5)

En la siguiente **Figura 9** se detalla el diagrama de árbol para el debido proceso en cuanto a la identificación de fallas y errores en cuanto a las herramientas de la empresa Coloplast.

Figura 9 Esquema de diagrama de árbol de fallos



Nota: Valdez (2018)

Herramientas para Analizar las Causas

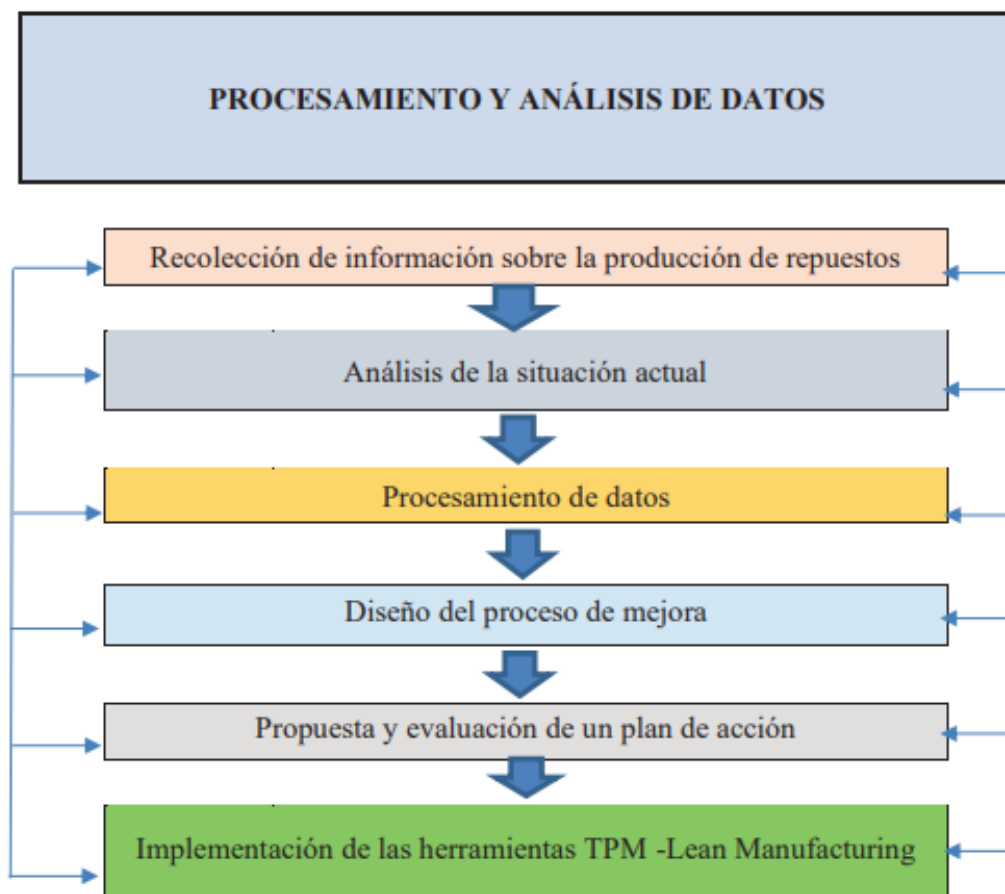
Para analizar las causas que posiblemente generen errores y reflejen en costos para la cadena logística, se considera necesario utilizar, como herramienta, el diagrama de flujo para el modelo de simulación de los eventos discretos, enfocado en las condiciones portuarias al momento de ser descargadas las unidades de los barcos, con el fin de comparar los movimientos desde el destriunque de la unidad, los retrasos experimentados en cada punto de importancia y las razones que los producen.

Técnicas de recolección de datos

Esta técnica es esencial para recolectar información para que posteriormente se analice, y así se tomen decisiones al respecto, para llegar a conclusiones que fomenten el mejoramiento del equipo o de la maquinaria. Esta técnica genera una base de datos, donde se pueden descartar o tomar en cuenta las causas para el buen funcionamiento. Según Canahua (2021) menciona que:

Las técnicas de recolección de datos generan reportes de producción, de fallas de los equipos y los registros de mantenimientos preventivos y correctivos para ser usados, describir los procesos y analizar las variables provistas, que corresponde a la línea de producción de repuestos para equipos de una empresa. En la **Figura 10** se muestra la herramienta que se utiliza para la recolección de datos:

Figura 10 Esquema de procesamiento y análisis de datos



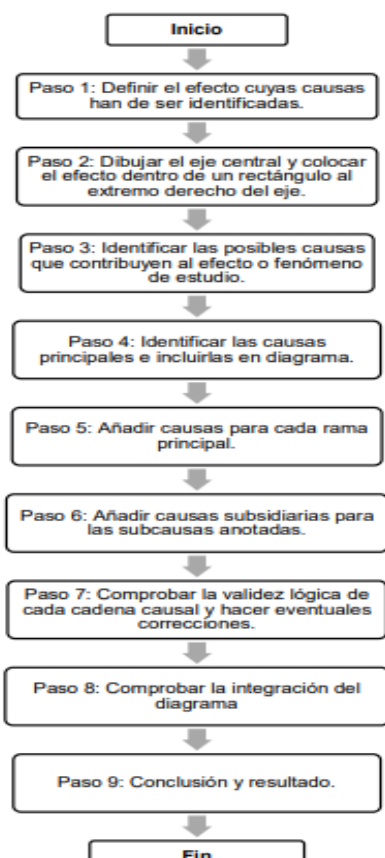
Nota: Canahua (2021)

Por lo anterior, es que en la **Figura 10** se puede identificar el problema y así seleccionar el mantenimiento productivo total idóneo para la detección, prevención y eliminación de desperdicios como técnicas de la metodología Lean Manufacturing que se utilizarán para mejorar el rendimiento de la empresa Coloplast.

Ishikawa

Es una herramienta útil para describir las causas de un problema es el uso de la técnica de Ishikawa también conocida como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa-efecto, es una herramienta de calidad enfocada en verificar que aspectos pueden estar afectando un problema específico. Según Burgasí, et al. (2021) mencionan que “esta técnica se representa gráficamente identificando una categoría de posibles causas relacionadas con el problema” (p. 8). En cuanto a la **Figura 11** se muestran los pasos que se deben tener en cuenta para desarrollar esta herramienta con éxito:

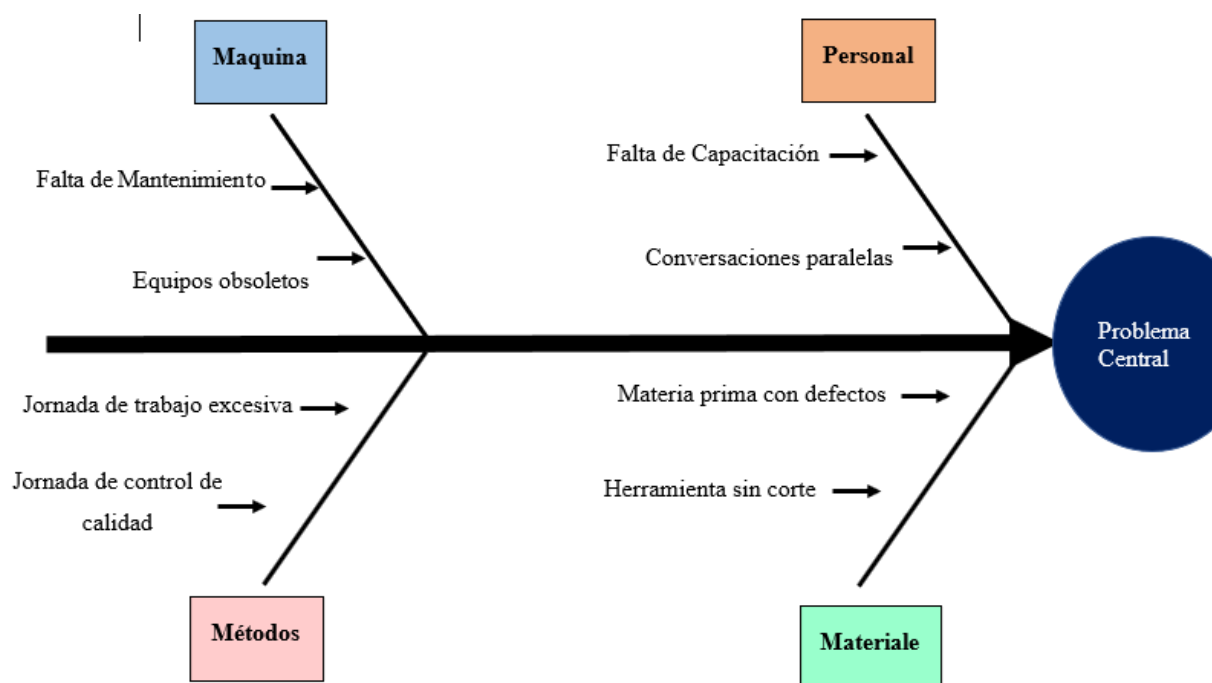
Figura 11 Pasos para diseñar la herramienta de Ishikawa



Nota: Burgasí, et al. (2021)

Por otra parte, el autor describe la herramienta mencionando que las ramas del diagrama se organizan en categorías que pueden variar según el tipo de problema que se esté analizando, pero las más comunes son: materiales, maquinaria, mano de obra, métodos, medio ambiente y medidas de seguridad. La siguiente **Figura 12** muestra cada categoría representada con una línea horizontal que se extiende desde la columna central del diagrama.

Figura 12 Herramienta Ishikawa



Nota: Delgado, et al. (2021)

Gracias a lo expuesto en la **Figura 12**, es que se identifica las posibles causas que están generando afecciones en la productividad de las máquinas, el tipo de método, algunas posibles falla en el personal y en la materia prima, por lo que se debe tener en cuenta esta herramienta de Ishikawa para que la empresa Coloplast tenga en cuenta algunas condiciones que van a ser de gran utilidad y así pueda generar los cambios posteriores que se requieran. Según Delgado et al. (2021) menciona que:

Esta herramienta logra examinar los inconvenientes en otros ámbitos es decir como por ejemplo la distribución, calidad de productos, las anomalías sociales, otros problemas

educativos, entre otros. A partir de ello se construirá el diagrama a partir del eje horizontal, es decir, va en líneas sesgadas; lo que permitirá encontrar las causas principales, elegidas mediante técnicas permitiendo que todas se enfoquen en el problema principal del diagrama (p. 8)

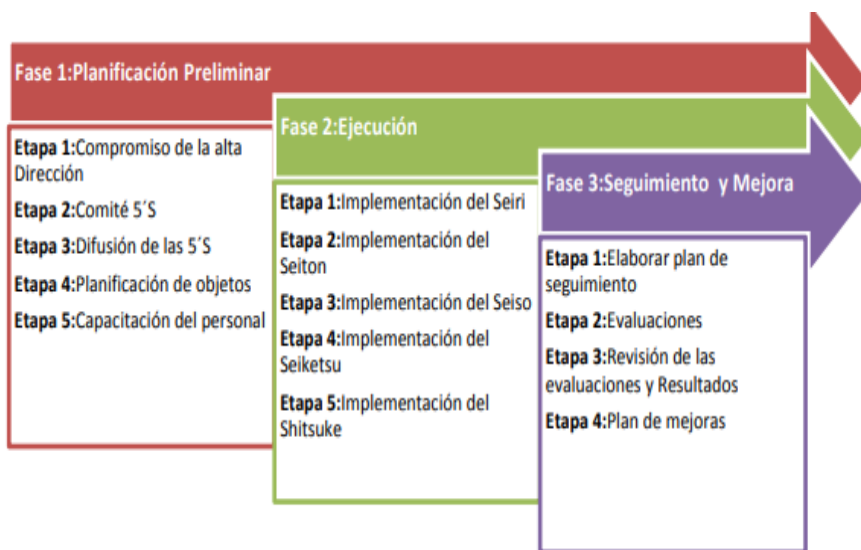
Metodología de las 5S

En cuanto la herramienta que se espera utilizar para la propuesta, de la metodología de las 5s, la cual es un sistema de gestión de calidad con el objetivo de mejorar la productividad, la seguridad y el bienestar del lugar de trabajo. Las 5s corresponden a las palabras japonesas: seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke, las cuales tienen un significado esencial para el desarrollo del mantenimiento efectivo en los equipos de una empresa, según Hernández et al (2023) menciona que:

La metodología de las 5S se creó en Toyota, en los años 60, y agrupa una serie de actividades que se desarrollan con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia. Dichas condiciones se crean a través de reforzar los buenos hábitos de comportamiento e interacción social, creando un entorno de trabajo eficiente y productivo. (p. 12).

La siguiente **Figura 13** muestra el proceso de la metodología de las 5s.

Figura 13 Fases de la Metodología 5S



Nota: Paucar y Álvarez (2023)

Aunado a lo anterior, es importante señalar en la **Figura 13** que esta metodología ayuda a realizar las mejoras detectadas a bajos costos, logrando que el área de trabajo se mantenga en condiciones de limpieza y orden, está técnica, trata de mejorar las condiciones de trabajo, la seguridad, el entorno de trabajo, la motivación personal, eficiencia, consiguiendo así la calidad, mejorando la productividad y mejorar la competitividad de la empresa. Por otra parte, esta metodología se clasifica por sus siglas según el autor Jara (2017) de la siguiente manera:

Seiri: Clasificar. Es el proceso de identificar y separar los elementos necesarios e innecesarios del lugar de trabajo, dejando solo lo que se utiliza con frecuencia.

Seiton: Ordenar. Se refiere a colocar en el lugar correcto cada elemento necesario, facilitando su uso y evitando su pérdida o desperdicio.

Seiso: Limpiar. Implica la limpieza del lugar de trabajo, tanto en la superficie como en profundidad, para mantenerlo en óptimas condiciones y asegurar la seguridad.

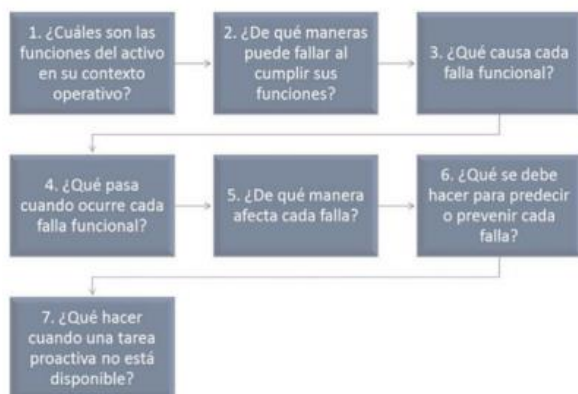
Seiketsu: Estandarizar. Consiste en establecer estándares y procedimientos para mantener el orden, la limpieza y el funcionamiento eficiente del lugar de trabajo.

Shitsuke: Disciplinar. Es el compromiso personal y el respeto por las reglas establecidas en el lugar de trabajo, para mantener y mejorar constantemente la metodología de las 5s. (p.170)

Método de Mantenimiento de Confiabilidad

Este método propicio que los equipos de una empresa, trabajen de manera confiable y eficiente durante su vida útil, generando así una mayor productividad, también, se basa en la identificación de herramientas y técnicas esenciales para identificar y prevenir posibles fallas o problemas antes de que ocurran.

Cabe destacar que incluye la implementación de programas de mantenimiento preventivo y predictivo, así como la gestión del ciclo de vida de los equipos, desde su diseño y fabricación hasta su retiro. Según Campos, et al. (2019) mencionan que “Es una metodología altamente reconocida y de uso extendido para elaborar planes de mantenimiento que incluyan todo tipo de estrategias de mantenimiento (preventivo, predictivo, búsqueda de fallas, etc.)” (p. 2). Es por eso que esta técnica busca la organización y así garantizar la confiabilidad de los equipos en cuanto a sus actividades y de la gestión de mantenimiento. La **Figura 14** muestra el proceso de mantenimiento centrado en la confiabilidad:

Figura 14 Proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad

Nota: Campos et al. (2019)

El proceso de recopilación y análisis de información previo al RCM es fundamental para tomar decisiones informadas en cada etapa. Se debe recabar toda la información relevante sobre el activo, analizarla exhaustivamente y considerar los pasos complementarios para implementar el RCM. Esto permite mejorar la confiabilidad del activo, prolongar su vida útil y reducir los costos de mantenimiento. Es importante cumplir con los principios y metodologías establecidos durante todo el proceso. En la **Figura 15** se muestra la metodología RCM ampliada para determinar las diversas causas que afectan el mantenimiento confiable:

Figura 15 Metodología de RCM ampliada

Nota: Campos et al. (2019)

Herramientas para la Propuesta

Al reconocer el dinamismo que tiene la sociedad actual, se reflexiona la importancia de la mejora continua en los sistemas de producción, pues con ello se pueden aprovechar los recursos existentes, situación que inspira la investigación que busca la creación de un modelo de inspección de máquinas y equipo que se adapte a las necesidades de la empresa y la beneficie y a los demás involucrados en la operación por medio de técnicas que se ajusten a las tendencias globales. En tal sentido, se ha considera el uso de herramientas.

Diagrama de flujos

También se incorpora la herramienta de diagrama de flujo, pues es una representación gráfica de un proceso o sistema que utiliza símbolos para mostrar las actividades, los flujos y las decisiones del proceso que se deben llevar a cabo para la mejora en cuanto al mantenimiento productivo de los equipos utilizados para la productividad de multis.

Una vez completados todos los componentes del proceso, se puede iniciar la elaboración del diagrama, utilizando los formatos previamente indicados y siguiendo los pasos que se mencionan a continuación según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2022) los cuales son:

- Traslado de la información de la tabla de actividades del proceso a la plantilla de diagramación.
- Identificación del símbolo que mejor representa cada una de las actividades del proceso.
- Diagramación del proceso
- Verificación de la lógica del diagrama y de la inclusión de todas las actividades del proceso.
- Si se detecta una inconsistencia, consulta con el equipo que analiza el proceso para tomar las medidas correspondientes.

Es proceso genera que la empresa Coloplast pueda aumentar su productividad mediante una buena estructuración y así se pueda utilizar el diagrama de flujos para identificar las posibles fallas que se deben mejorar en las máquinas productoras de multis.

Según la **Figura 16** hace referencia a como está constituido un diagrama de flujo que representa el mantenimiento de una empresa, para así desarrollar la mejora correspondiente y que entonces su producción sea de un gran impacto.

Figura 16 Diagrama de Flujo

Símbolo	Significado	¿Para qué se utiliza?
	Inicio/Fin	Indica el inicio del flujo.
	Actividad	Representa la realización de una operación o actividad que compone un proceso.
	Decisión	Indica un punto dentro del diagrama de flujo donde se pueden seguir varios caminos alternativos, si es necesario.
	Conector	Representa la continuidad del diagrama. Une dos actividades no consecutivas en una misma página. Dentro del conector se utilizan letras para llevar el consecutivo.
	Conector de página	Simboliza la continuidad del diagrama en otra página. Es la conexión con otra página diferente en la que continúa el diagrama. Dentro del conector se utilizan números para llevar el consecutivo.
	Líneas de flujo	Conectan los símbolos, indicando el orden en que se deben realizar las actividades.
	Fin	Indica el final del flujo.

Nota: Cooperación para la Agricultura (2022)

Es por la **Figura 16** que se determina que gracias a los diagramas de flujo se puede: Proporciona una visión general del proceso, Facilita la identificación de problemas, también, Ayuda a optimizar el proceso y Permite comunicar el proceso de manera efectiva.

Herramientas para el Control de la Propuesta

A continuación, se explica la herramienta seleccionada para realizar el monitoreo y control. Con ello se pretende hacer seguimiento y evaluación de la propuesta que consiste en inspeccionar e informar el avance general del proyecto, con la finalidad de cumplir con los objetivos de mejora continua, mediante las técnicas de desarrollo y digitalización del sistema de inspección de para la reducción de tiempos definidos, problemas de desempeño, costos en el plan para la dirección de la empresa. Previo a exponer la herramienta para el control de la propuesta, es importante dejar

claro el concepto de control de calidad, para asegurar el cumplimiento de requisitos en productos y servicios. Este concepto es de larga data, pero ha buscado posicionarse en el ámbito empresarial como una especie de control que se basa en procesos sistemáticos que facilitan a la empresa realizar un conjunto de procesos que permiten planificar, implementar, controlar y mejorar productos y servicios. Por tanto, para este tipo de herramienta se ha seleccionado dos técnicas: el Ciclo Deming o PHVA y Efectividad Global del Equipamiento (OEE)

Ciclo de Deming o PHVA

En cuanto a este ciclo la idea es que la mejora continua sea fundamental para el éxito de una organización, según González et al. (2020) menciona que:

El Ciclo de Mejora de Deming (1986 y 1989) que consta de cuatro pasos para mejorar continuamente la calidad de la producción de una empresa. El Ciclo de Deming consta de cuatro pasos: Planificar, Hacer, Actuar y Verificar (PHVA o por sus siglas en inglés PDCA: Plan, Do, Check and Act), es una estrategia de mejora continua de la calidad. (párr. 8)

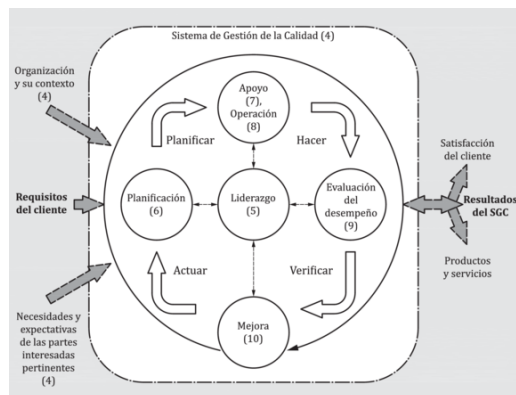
Es bajo esto que las normas ISO plantea el Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) como aquel que se puede aplicarse a todos los procesos y al sistema de gestión de la calidad como un todo representado.

La empresa Coloplast deben responder ágilmente frente a las diversas situaciones que puedan presentarse en su entorno. Por ello la fluidez en el intercambio de información entre los distintos departamentos de una organización conlleva un papel importante para la toma de decisiones.

Elevar la productividad, eficiencia, calidad o simplemente llevar un adecuado control en general en dicha empresa o área en específico de mantenimiento, exige un mayor esfuerzo rumbo a la calidad, y mejora continua, sobre el proceso, producto o servicio que ofrece la misma; inclusive infraestructura, equipos o herramientas que tiene o se utilizan dentro de dicha organización para que los productos de multi sean elaborados con éxito.

En la **Figura 17** se muestra la estructuración que se puede utilizar para el debido mantenimiento en cuanto al ciclo PHVA y así generar una mejora continua.

Figura 17 Estructura de la Norma ISO 9001:2015 con el ciclo PHVA



Nota: Secretaría Central de ISO. (2015)

Según la secretaria ISO, Para la implantación efectiva de esta gestión de calidad se debe cumplir con un conjunto de requisitos de ahí que de acuerdo a las ISO 9001:2015 se establece que estos son:

Planificar: establecer los objetivos del sistema y sus procesos, y los recursos necesarios para generar y proporcionar resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización, e identificar y abordar los riesgos y las oportunidades;

Hacer: implementar lo planificado;

Verificar: realizar el seguimiento y (cuando sea aplicable) la medición de los procesos y los productos y servicios resultantes respecto a las políticas, los objetivos, los requisitos y las actividades planificadas, e informar sobre los resultados;

Actuar: tomar acciones para mejorar el desempeño, cuando sea necesario. (p.10)

Efectividad Global del Equipamiento (OEE)

Otra herramienta que facilita el control de calidad es la herramienta OEE, se caracteriza por ser versátil y combina diversos aspectos de la producción para evaluar y medir mejoras reales en los procesos. Es una herramienta integral de evaluación comparativa para alcanzar objetivos planificados, utilizando metodologías como 5S, Lean Manufacturing y TPM. De ahí que se puede decir que de acuerdo con los autores Díaz et al. (2020) establecen que:

El indicador OEE tiene como objetivo medir la efectividad productiva de los equipos y reducir sus pérdidas a lo más próximo de cero, y que sea reconocido como una necesidad

por diferentes organizaciones, donde el rol del OEE va más allá de solo monitorear, controlar y llevar la cuenta de las iniciativas de mejora del equipo, este previene la suboptimización individual de las máquinas o líneas productivas, entregando un método sistemático de estabilización de objetivos de producción e incorpora herramientas y técnicas prácticas de gestión con el fin de lograr una vista equilibrada de la disponibilidad de proceso, calidad y rendimiento. (párr. 5)

Es por lo anterior, que se puede destacar que el indicador OEE es un método de medición de la efectividad productiva con un resultado porcentual y que integra datos tales como la disponibilidad del equipamiento, el rendimiento y la tasa de calidad que se logra.

Estas herramientas son importantes para mejorar los indicadores según Guerrero (2014) menciona que la herramienta OEE se calcula de la siguiente manera:

- **Porcentaje de disponibilidad**

Se entiende como el tiempo que la máquina estuvo realmente produciendo contra el tiempo que estaba programada para producir, de ahí que la siguiente figura muestra la fórmula para determinar el porcentaje de disponibilidad:

La **Figura 18** establece la fórmula para determinar la disponibilidad de producción de una cierta elaboración de material.

Figura 18 Fórmula del Porcentaje de disponibilidad

$$\%D = \frac{TProduccion}{TProgramado} * 100\%$$

Nota: Portugués Meoño Jennifer (2023)

- **Porcentaje de rendimiento**

Este indicador mide la diferencia entre la velocidad estándar de producción contra la real (medida en unidades producidas por unidad de tiempo), también puede medirse como el tiempo tomado para fabricar un producto contra el tiempo estándar estimado. La siguiente figura muestra la fórmula para el porcentaje de rendimiento.

La **Figura 19** establece el porcentaje de rendimiento que puede estar presentando la máquina o equipo utilizado para la elaboración del producto final.

Figura 19 Fórmula para el Porcentaje de Rendimiento

$$\%R = \frac{Velocidadreal}{Velocidadestandar} * 100$$

$$\%R = \frac{\frac{Qproducida}{Tproduccionreal}}{\frac{Qproducida}{Tproduccionestandar}} * 100$$

$$\%R = \frac{Tproduccionestandar}{Tproduccionreal} * 100$$

Nota: Portugués Meoño Jennifer (2023)

- **Porcentaje de calidad**

Este indicador mide la cantidad de productos que salieron con algún tipo de defecto (y no pueden entregarse al cliente), contra el total de productos producidos. La siguiente figura muestra la fórmula para el porcentaje de calidad.

En la **Figura 20** se establece la fórmula para determinar el porcentaje que define el rendimiento de las máquinas productoras, para así saber, cuáles puedes ser las estrategias a tomar en cuenta y mejorar ese porcentaje de rendimiento establecido.

Figura 20 Fórmula para el Porcentaje de Rendimiento.

$$\%C = \left(1 - \frac{Totaldeunidadesnoconformes}{Totaldeunidades} \right) * 100$$

Nota: Portugués Meoño Jennifer (2023)

El porcentaje de OEE (Overall Equipment Effectiveness) se utiliza para medir el rendimiento global de una máquina, línea de producción o planta de fabricación. Es una métrica que permite identificar qué áreas del proceso de producción están operando a plena capacidad y cuáles necesitan mejoras.

Al analizar el trabajo de Contreras F. (2018) se puede extraer que el OEE se basa en el nivel de excelencia para medir la eficiencia global de un equipo o sistema de producción. Es decir se busca un punto de referencia óptimo con el que se busca alcanzar. al que se aspira alcanzar. De ahí que el autor antes indicado establece en la **Figura 21** la clasificación de las maquinas en estudio de acuerdo al porcentaje que se obtenga en el OEE y lo plasma en la siguiente:

Figura 21 Clasificación de acuerdo con porcentaje obtenido en el OEE

0% < OEE < 65%	Inaceptable	Muy baja competitividad
65% < OEE < 75%	Regular	Baja competitividad. Aceptable solo si se está en proceso de mejora.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Continuar la mejora para avanzar hacia la World Class.
85% < OEE < 95%	Buena Competitividad	Entra en valores World Class.
95% < OEE < 100%	Excelente competitividad	Valores World Class.

Nota: Contreras F. (2018)

En la **Figura 21** se puede determinar que es inaceptable cuando (OEE inferior al 60%): Esta categoría indica que la máquina o proceso está presentando problemas en cuanto a su disponibilidad, rendimiento y calidad, es aceptable o buena competitividad cuando (OEE entre 60% y 85%): Esta es la categoría intermedia, en la que la máquina o proceso está funcionando de manera aceptable, pero aún hay margen de mejora en alguno de los tres aspectos del OEE y es muy eficiente (OEE superior al 85%): Esta categoría indica que la máquina o proceso está funcionando con un alto nivel de eficiencia, lo que significa que está disponible para su uso por un gran porcentaje del tiempo, produce piezas a una velocidad elevada y con una alta calidad.

Indicador OEE.

Ahora en cuanto al indicador OEE los autores Diaz et al (2020) establecen la importancia que tiene este indicador a la hora de medir el nivel de eficiencia que puede tener una máquina, esta herramienta tiene por finalidad medir la eficiencia operativa de los equipos, también, es una herramienta que busca que las empresas puedan cuantificar la productividad de su producción.

La importancia del indicador OEE radica en que proporciona una visión clara y objetiva del rendimiento de los equipos y procesos de producción. Al analizar los indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad, las empresas pueden identificar y cuantificar las pérdidas y

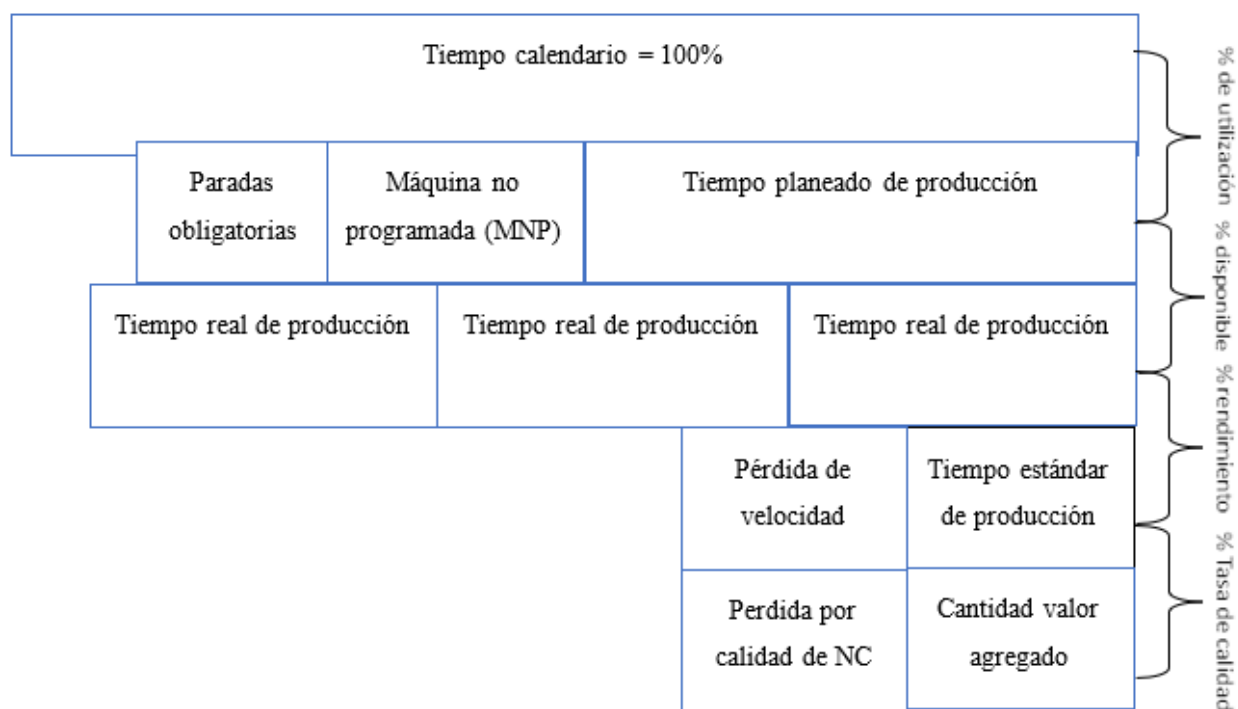
desperdicios en la producción, lo que les permite tomar acciones para mejorar la eficiencia y productividad.

La empresa Coloplast debe tener en cuenta estos porcentajes para mejorar de manera significativa la productividad de los productos generados por diversas máquinas y equipos.

En la **Figura 22** se detalla que es fundamental para evaluar y mejorar la eficiencia de los procesos de producción, proporciona información objetiva y cuantificable sobre el rendimiento de los equipos, identifica áreas de mejora y permite tomar decisiones basadas en datos.

Todo esto contribuye a optimizar la productividad y reducir costos en la empresa y genera una mayor productividad y calidad, que se brinda al consumidor de estos productos, con la finalidad de generar satisfacción.

Figura 22 Distribución del tiempo de acuerdo con el indicador OEE



Nota: Departamento de Control de la Producción JKL

Por último, una herramienta de eficiencia general de equipos (OEE) es una herramienta útil para medir la eficiencia del proceso productivo. Con ayuda de esta herramienta, las empresas pueden identificar las áreas de mejora para reducir los paros y aumentar la producción. De ahí que el autor Canahua, N. (2021) en sus conclusiones evidencia que esta herramienta genera aspectos

positivos en cuanto al rendimiento de cada máquina y la optimización de estas, aunado a ello indica que la implementación de una herramienta OEE conlleva una mayor transparencia en cuanto al estado del proceso productivo y a su productividad, lo que ayuda a la toma de decisiones y a la mejora continua. En conclusión, una herramienta OEE es imprescindible para las empresas que buscan mejorar la eficiencia de sus procesos productivos y aumentar su rentabilidad. (p.58).

CAPÍTULO III MARCO METODOLOGICO

El presente capítulo es fundamental en cualquier investigación o proyecto, ya que proporciona una estructura sólida para el desarrollo de las actividades. Algunas de las razones por las que el marco metodológico es importante son, ayuda a organizar las diferentes etapas de la investigación, asegura que las técnicas y estrategias utilizadas sean coherentes con los objetivos y preguntas de investigación también, proporciona una guía estructurada y coherente para llevar a cabo el trabajo de manera eficiente y confiable.

Enfoque

A continuación, se define los distintos tipos de enfoques existentes, a la vez se selecciona el que mejor se adapte al proyecto de investigación.

Enfoque cuantitativo

Este enfoque se caracteriza por buscar la objetividad y la neutralidad del investigador, evitando la influencia subjetiva en la interpretación de los resultados. Los autores Hernández et al. (2014) definen el enfoque cuantitativo como:

El enfoque cuantitativo (que representa, como se mencionó, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis. (pp. 4-5).

Enfoque cualitativo

Este enfoque es un método de investigación que se centra en comprender y describir las experiencias, perspectivas y significados subjetivos de los individuos. Según los actores Hernández et al. (2014) definen el enfoque cualitativo de la siguiente manera:

El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circular” en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio. (p. 7).

Enfoque mixto

Este enfoque se caracteriza por la combinación de diferentes metodologías o enfoques de investigación en un estudio. Los autores Hernández et al. (2014) comentan que los enfoques mixtos representan:

Un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. (p. 534)

A partir de las definiciones anteriores, se establece que esta investigación se enmarca en el enfoque cuantitativo, ya que, se basa en la necesidad de recopilar datos numéricos y cuantificar la problemática actual relacionada con los paros y la deficiencia en la productividad de las máquinas generadoras de multas en la empresa Coloplast.

Bajo este enfoque se podrá obtener datos objetivos y precisos sobre los tiempos de paro, la productividad y la calidad de los productos. Al utilizar mediciones numéricas, se evitará la subjetividad y se proporcionará información concreta y verificable.

Por otra parte, se pretende identificar las relaciones y los patrones entre las variables relevantes para la eficiencia y productividad en el departamento de mantenimiento. Por ejemplo, se podrían identificar correlaciones entre la frecuencia de paros y la calidad de los productos ofrecidos. Estas relaciones y patrones ayudarán a comprender mejor las causas y efectos de los problemas actuales de la productividad de las máquinas generadoras de multas.

Alcance

Esta sección se considera el tipo investigación para elaborar la tesis, donde cada etapa del proceso proporciona criterios que sirven para su selección, donde su punto de partida es con base en los enfoques (cualitativo, cuantitativo y/o mixto). Según Ramos (2020) “el nivel de una investigación puede tener diversos alcances que parten desde el nivel exploratorio, descriptivo, correlacional hasta llegar a un alcance explicativo, en donde se busca una explicación del fenómeno que se está investigando” (p. 1).

A continuación, en la **Tabla 3** se describe los distintos tipos de alcances que existen, donde se selecciona el que mejor se adapte al trabajo de investigación.

Tabla 3 Definición de los tipos de alcances de una investigación

Alcance	Definición
Exploratoria	Hernández et al. (2014) indican cuando se utiliza el alcance exploratorio: Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas. (p. 91)
Descriptiva	Los autores Hernández et al. (2014) mencionan lo siguiente sobre el alcance descriptivo: Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (p. 92)

Alcance	Definición
Experimental	Según los autores et al. (2014) lo definen como: una acepción particular de experimento, más armónica con un sentido científico del término, se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador. (p. 129)
Explicativa	Hernández et al. (2014) definen el estudio explicativo de la siguiente manera: Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. (p. 95)

Nota: Hernández et al. (2014)

El alcance que aplica para el presente trabajo de investigación según lo anteriormente mencionado es el alcance explicativo, pues se va a determinar las causas que afectan a las máquina y equipo productor de multis en la empresa Coloplast. También, se establecen las condiciones que debe contemplar en la propuesta en cuanto a la mejora continua enfocada en el mantenimiento autónomo del sistema de productividad.

También, explicar la productividad, tiempo y calidad de los productos ofrecidos por la empresa, y analizar las causas que generan los paros y deficiencias en la producción. Se recopilará información a través de métodos como la revisión de documentos, entrevistas, observación y análisis de datos para comprender en detalle la situación actual en el departamento de mantenimiento de Coloplast. Por último y como resultado de lo anterior, se propone acciones para el control de la solución al problema presentes.

Diseño

El diseño de una investigación tiene que ver con el plan o la estrategia que se va a establecer para llevarlo a cabo de manera sistemática y estructurada, que va a ser la guía para la recolección, el análisis y la interpretación de los datos con el fin de responder a la pregunta de investigación o alcanzar los objetivos planteados, al respecto Hernández et al. (2014) menciona que “el investigador debe visualizar la manera práctica y concreta de contestar las preguntas de investigación, además de cumplir con los objetivos fijados” (p. 128).

A continuación, se mencionan los diferentes tipos de diseños existentes, a la vez se selecciona el que mejor se ajuste al trabajo de investigación:

Experimental

Según los autores Hernández et al. (2014) el diseño experimental es:

Una acepción particular de experimento, más armónica con un sentido científico del término, se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador. (p. 129).

No experimental

Hernández et al. (2014) definen el diseño no experimental como:

La investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos. (p. 152)

Ambos tipos de diseño presentan diversas características donde en primera instancia el enfoque experimental el investigador tiene el control de las variables, mientras que en el enfoque no experimental el investigador no tiene control de las variables, simplemente la observa y las mide. Así como lo establece Hernández et al. (2014) que menciona que:

La diferencia entre ambos tipos de diseño de la siguiente manera: La investigación experimental tiene alcances iniciales y finales correlacionales y explicativos. La investigación no experimental es sistemática y empírica en la que las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido. Las inferencias sobre las relaciones entre variables se realizan sin intervención o influencia directa, y dichas relaciones se observan tal como se han dado en su contexto natural. (p.153)

El diseño no experimental se divide en dos subtipos, los transeccionales y los longitudinales, a continuación, una explicación de cada tipo.

Transeccionales

Los autores Hernández et al. (2014) definen este diseño de la siguiente manera:

Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede. (p. 154)

Longitudinales

Hernández et al. (2014) mencionan lo siguiente sobre el diseño longitudinal: “Recolectan datos en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias. Tales puntos o periodos generalmente se especifican de antemano” (p. 159).

Respecto a los conceptos establecidos anteriormente sobre los tipos de diseño, el tipo de diseño que mejor se adapta al proyecto es el diseño no experimental del tipo transeccional, pues la recolección de los datos se obtiene en un periodo específico y además de no se realiza cambios en la data obtenida.

También, como el objetivo es identificar las causas de los paros y deficiencias en la producción, y proponer un plan de mantenimiento preventivo autónomo y, no se pretende manipular o controlar variables de manera directa, sino más bien recopilar información y describir la situación actual, además, no se plantea la manipulación ni el control directo de variables independientes y dependientes. En cambio, se emplearán métodos como la revisión de documentos, entrevistas, observación y análisis de datos para recopilar información y describir la situación actual.

Variables

Para Barrantes (2016) una variable es “todo rasgo, cualidad o característica cuya magnitud puede variar en individuos, grupos u objetos. En otras palabras, es aquello que se medirá, controlará, y estudiará en una investigación” (p. 188). Para cumplir con los objetivos específicos definidos en esta investigación, a continuación, se presentan en la **Tabla 4** las diversas variables:

Tabla 4 Operacionalización de las variables

Objetivo	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental
Describir la problemática que ocasiona los paros en la máquina multi	Problemática de paros y deficiencia en la productividad.	La fabricación de un producto en cualquier industria está directamente relacionada con el funcionamiento de la producción y operación de sus máquinas. En consecuencia, si uno de ellos deja de funcionar, toda la fábrica se verá afectada. (Zinetti s.f. párr. 4) Paro en la producción, se entiende como toda alteración o interrupción de un proceso productivo con afectación a la cadena de productos e impactos económicos negativos en las industrias. (Xado 2022, párr. 2)	Número de paros no programados y tiempo perdido debido a las interrupciones del funcionamiento normal y total de las máquinas de multis, lo cual afectaría la producción y eficiencia de la empresa.	Registro de paros y tiempos perdidos obtenidos de los informes de mantenimiento y producción de la empresa Coloplast.
Medir las consecuencias que genera los paros durante el proceso	Perdidas	Pérdidas de producción: • Retraso en las fechas planeadas de producción; • Pérdidas monetarias; • Clientes insatisfechos; • Riesgos de seguridad para empleados; • Costos elevados por reparación. (Xado, 2022)	Número de unidades de productos, producidos por hora de trabajo en condiciones normales de operación de las máquinas contra número de unidades producidas por hora de trabajo durante los períodos de paro de las máquinas generadoras de multis.	Registros de producción de la empresa Coloplast y cálculo de la productividad en unidades de productos por hora.

Objetivo	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental
	Impacto de los paros en el tiempo de producción.	Ocurre cuando se interrumpe la producción para preparar la maquinaria para un nuevo envío de productos o limpieza. Zinetti (s.f., párr. 4)	Tiempo total requerido para completar la producción de una cantidad determinada de productos en condiciones normales de operación de las máquinas contra el tiempo total requerido para completar la producción de la misma cantidad de productos durante los períodos de paro de las máquinas generadoras de Múltis.	Registro de los tiempos de producción de los productos obtenidos del proceso de producción de la empresa Coloplast.
	Impacto de los paros en la calidad de los productos	La calidad en los procesos de producción significa buscar el éxito a largo plazo de una compañía, ya que está vinculada con un incremento de la rentabilidad, la productividad y el crecimiento. (Unir 2022, párr. 5) Los paros NO programados impactan directamente en aspectos como el tiempo de ciclo de producción, calidad del producto, inactividad de operadores y costos muy altos por ineficiencias. (Avilés, 2021, párr. 1)	Porcentaje de productos que no cumplen con los estándares de calidad establecidos por la empresa durante los períodos de paro de las máquinas generadoras de Múltis	Registro de los resultados de los controles de calidad realizados a los productos producidos durante los períodos de paro de las máquinas generadoras de Múltis.

Objetivo	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental
Analizar las causas de los paros	Causas de los paros y deficiencia en el equipo	La falta de programas de mantenimiento preventivos y de sistemas de monitoreo eficientes es la principal causa de que las empresas no puedan tener un mayor control de los eventos imprevistos. (Avilés, 2021, párr. 5)	Causas de afectación directas / Total de causas	Entrevistas con los técnico e ingenieros, reportes diarios
Desarrollar la propuesta para la disponibilidad de la máquina multi	Disponibilidad del equipo	El control de la producción es el diseño y la utilización de una forma sistemática para establecer planes y controlar todos los componentes de una actividad. (Camero Alfonso y Vargas Ramírez 2012, p. 38)	Porcentaje de la programación detallada de actividades de mantenimiento de la máquina productora de multis, seguimiento y registro de estas tareas realizadas.	Documentos y registros que evidencien el desarrollo del sistema y del control de seguimiento del mantenimiento, como agendas de mantenimiento, planillas de control y reportes de actividades realizadas.
Establecer los controles para el cumplimiento de la propuesta	Indicador de control	Son herramientas que se utilizan para medir y monitorear el desempeño de una empresa y se encuentran entre los principales tipos de indicadores de desempeño del proceso. (Drew 2021, párr. 2)	Porcentaje de avance PA: días de planificación y desarrollo / total de días ejecutados	Registros de datos necesarios para calcular y monitorear los indicadores seleccionados, como reportes de paros, registros de averías, inventario de repuestos y sistemas de seguimiento de mantenimientos.

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Muestra

Hernández et al. (2014) menciona que una muestra “es un subgrupo de la población o universo, se utiliza por economía de tiempo y recursos, implica definir la unidad de muestreo y de análisis, requiere delimitar la población para generalizar resultados y establecer parámetros” (p. 171). Por lo que, para la realización de este trabajo de investigación, y según se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** los sujetos de estudio serán una muestra intencional de las personas funcionarios de la empresa Coloplast.

En la **Tabla 5** se observa el tipo de muestreo por utilizar para cada uno de los indicadores propuestos en la **Tabla 4**, la **Tabla 5** está conformada por los indicadores, el tipo de muestra, la unidad de muestreo y la fórmula.

Tabla 5 Muestras para la investigación

Indicador	Tipo de muestra	Unidad de muestreo	Fórmula
Tiempo inactivo / Tiempo producido	Totalidad de la población	Tiempo	Se requiere el total de horas que se va producir para establecer el tiempo inactivo
Número de unidades de productos, producidos por hora de trabajo en condiciones normales de operación de las máquinas contra número de unidades producidas por hora de trabajo durante los períodos de paro de las máquinas generadoras de multis.	Selección aleatoria de un conjunto de horas de trabajo durante los períodos de paro.	Productos producidos por hora de trabajo	$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * N * p * q}{Z_{\alpha}^2 * p * q + NE^2}$

Indicador	Tipo de muestra	Unidad de muestreo	Fórmula
Tiempo total requerido para completar la producción de una cantidad determinada de productos en condiciones normales de operación de las máquinas contra el tiempo total requerido para completar la producción de la misma cantidad de productos durante los períodos de paro de las máquinas generadoras de multis.	Aleatorio Sistemático	Producción de una cantidad de productos	$n_i = n * \frac{N_i}{N}$
Porcentaje de productos que no cumplen con los estándares de calidad establecidos por la empresa durante los períodos de paro de las máquinas generadoras de multis	Aleatoria simple	Productos que no cumplen con estándares de calidad.	$n = \frac{\frac{Z_a^2}{2} * N * p * q}{\frac{Z_a^2}{2} * p * q + NE^2}$
Causas de afectación directas / Total de causas	Aleatorio simple	Causas que generan productos dañados	$n = \frac{\frac{Z_a^2}{2} * N * p * q}{\frac{Z_a^2}{2} * p * q + NE^2}$
Porcentaje de la programación detallada de actividades de mantenimiento de la máquina productora de multis, seguimiento y registro de estas tareas realizadas.	No probabilística - por conveniencia	Programación de actividades de mantenimiento	Se requiere el total de las causas para establecer el avance real de lo planeado por listas de control
Nivel de avance PA: días de planificación y desarrollo / total de días ejecutados	No probabilística - por conveniencia	Tareas	Se requiere el total de las tareas para establecer el avance real de lo planeado por listas de control

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

A razón de este trabajo de investigación se toma la decisión de que la muestra sobre la que centra la recolección de datos es la empresa Coloplast, debido a que en esta organización se realiza el estudio. La información que se recabe estará basada en la problemática de los paros que suceden cuando la maquinaria multis tiene algún tipo de inconveniente, las posibles medidas de contención que se llevan a cabo, los efectos que se tienen en la producción a raíz de estos paros. Los informantes claves se definieron como los operarios de la maquinaria, los jefes de producción y la gerencia, todos ellos formarán parte de las personas involucradas en la recolección de datos.

Instrumentos

Para la recolección de datos en esta investigación se van a utilizar varios tipos de instrumentos, tomando en cuenta lo establecido por Hernández et al. (2014) cuando expresa que “toda medición o instrumento de recolección de datos debe reunir tres requisitos esenciales: confiabilidad, validez y objetividad” (p. 200):

En la **Tabla 6**, se observa los instrumentos por utilizar para llevar a cabo el proyecto, dicha tabla contiene el indicador, el instrumento y los recursos requeridos.

Tabla 6 Instrumentos

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos
¿Qué se va a medir?	¿Con qué se mide?	¿Qué se necesita?
Tiempo Inactivo / Tiempo producido	Reportes producción	Computadora, registros de Excel
Número de unidades de productos, producidos por hora de trabajo en condiciones normales de operación de las máquinas contra número de unidades producidas por hora de trabajo durante los períodos de paro de las máquinas generadoras de multis.	Cuestionario	Computadora, registros
Tiempo total requerido para completar la producción de una cantidad determinada de productos en condiciones normales de operación de las máquinas contra el tiempo total requerido para completar la producción de la misma cantidad de productos durante los períodos de paro de las máquinas generadoras de multis.	Hoja de cotejo	Google Forms / Personal interno
Etapas realizadas / Total de etapas	Registros de las etapas	Excel / Computadora
Tareas cumplidas / Total de tareas	Registros de las actividades diagrama de Gantt y check list	Excel / Computadora

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Cuestionarios: Se utilizará un cuestionario estructurado, con preguntas abiertas y cerradas, los cuales serán administrados a los funcionarios operarios de las máquinas Mutis de la empresa, así como a las personas encargadas de su limpieza. **(Ver Apéndice 1)**

Entrevistas: Por medio de las entrevistas se espera recopilar información más detallada y profunda de la problemática y serán aplicadas a los encargados de producción y la gerencia para obtener perspectivas y conocimientos específicos. **(Ver Apéndice 2)**

Observación directa: La observación directa de las máquinas, los procesos de producción y los procedimientos de mantenimiento puede proporcionar información valiosa sobre los paros y las deficiencias en la producción, registrando las observaciones, así como identificando problemas o ineficiencias, para posteriormente analizar los datos sobre las causas de los paros y las oportunidades de mejora. **(Ver Apéndice 3)**

Análisis documental: Por medio de la cual estudiarán las bitácoras de control y producción, los registros de mantenimiento, los informes de producción y otros documentos relacionados puede brindar información cuantitativa sobre los paros y la productividad, así como para la identificación de patrones, tendencias y posibles correlaciones entre variables, y respaldar el análisis y las conclusiones de la investigación. **(Ver Apéndice 4)**

Recolección de Datos

La recolección de datos permite recopilar información precisa y confiable sobre un determinado tema o cuestión. Esto es fundamental para garantizar la validez y la confiabilidad de los análisis y conclusiones que se obtengan a partir de esos datos.

La recolección de datos es esencial para obtener información precisa, tomar decisiones fundamentadas, evaluar el impacto de políticas y programas, identificar oportunidades y desafíos, mejorar la eficiencia y la efectividad, entre otros beneficios.

Para Hernández et. al. (2014) la recolección de los datos “implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico” (p. 198)

En la **Tabla 7** Proceso de recolección de datos se observa los instrumentos por utilizar para llevar a cabo el proyecto, dicha tabla contiene el indicador, el instrumento y los recursos requeridos.

Tabla 7 Proceso de recolección de datos

Indicador	Fuente de datos	Método de recolección de los datos	Beneficios esperados
Número de paros no programados y tiempo perdido debido a las interrupciones del funcionamiento normal y total de las máquinas de multis, lo cual afectaría la producción y eficiencia de la empresa.	Reportes diarios de producción	Solicitar a los operarios o supervisores encargados de las máquinas de multis que registren, de forma sistemática, los paros no programados y el tiempo perdido debido a las interrupciones. Puede ser mediante una hoja de registro en la que se anoten la fecha, hora y duración de cada paro no programado.	Definir el tiempo de inactividad de los técnicos para determinar un tiempo para próximos eventos de otros números de parte
Número de unidades de productos, producidos por hora de trabajo en condiciones normales de operación de las máquinas contra número de unidades producidas por hora de trabajo durante los períodos de paro de las máquinas generadoras de multis.	Reportes diarios de producción/registros de mantenimiento	Se recolecta diariamente la información de los reportes existentes de producción, también se toma de la información que brinde el departamento de planning para tabular la información en un archivo de Excel.	Establecer el impacto que genera las piezas salgan sin defectos
Tiempo total requerido para completar la producción de una cantidad determinada de productos en condiciones normales de operación de las máquinas contra el tiempo total requerido para completar la producción de la misma cantidad de productos durante los períodos de paro de las máquinas generadoras de multis.	Reportes diarios de producción	Se toma la información de los reportes existentes de los técnicos, como también del registro de mantenimiento existente del técnico de mantenimiento.	Reconocer las causas del tiempo empleado por las máquinas que se presentan durante la producción de multis que limitan la eficiencia de la producción
Porcentaje de productos que no cumplen con los estándares de calidad establecidos por la empresa durante los períodos de paro de las máquinas generadoras de multis	Información obtenida por Ingeniería	Los datos serán recolectados a partir de la aplicación de las encuestas que se diseñaron para cada una de las muestras de la población, a través de la plataforma de Google Forms	Establecer el porcentaje de cumplimiento de las etapas de la propuesta
Porcentaje de la programación detallada de actividades de mantenimiento de la máquina productora de multis, seguimiento y registro de estas tareas realizadas.	Reportes diarios de producción/registros de mantenimiento	Se revisa semanalmente el diagrama de Gantt para verificar el cumplimiento de las tareas de mantenimiento	Establecer el porcentaje de avance de las tareas requeridas

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Método de Análisis

Para el análisis de la información de este trabajo de investigación se utilizarán para la recolección de la información matrices de cotejo que se llevarán en forma digital en el programa Excel. Se construirán cuadros y gráficos para facilitar la visualización del análisis de los datos recopilados.

Hoy en día el programa Excel es una herramienta que facilita no solo la recolección de datos sino también su análisis a través de las tablas dinámicas que permite relacionar variables y brindar un resultado acorde con las necesidades del investigador.

Tabla 8 Método de análisis

Indicador	Análisis por realizar	Programa	Uso
Número de paros no programados y tiempo perdido debido a las interrupciones del funcionamiento normal y total de las máquinas de multis, lo cual afectaría la producción y eficiencia de la empresa.	Realizar un análisis de estadística descriptiva, donde se identifiquen los valores relativos para construir gráficos de barras con las tendencias de respuesta	Excel	Describir las tendencias de valoración de eficiencia en la recolección de información sobre el estado de las máquinas productoras de multis.
Producción /Demanda	Análisis de la elasticidad		Establecer el costo que representa no cumplir con la producción
Tiempo total requerido para completar la producción de una cantidad determinada de productos en condiciones normales de operación de las máquinas contra el tiempo total requerido para completar la producción de la misma cantidad de productos durante los períodos de paro de las máquinas generadoras de multis.	Análisis de productividad		Describir el nivel de eficiencia que tiene actualmente la comunicación que se da en el servicio de mantenimiento por parte de la empresa Coloplast.

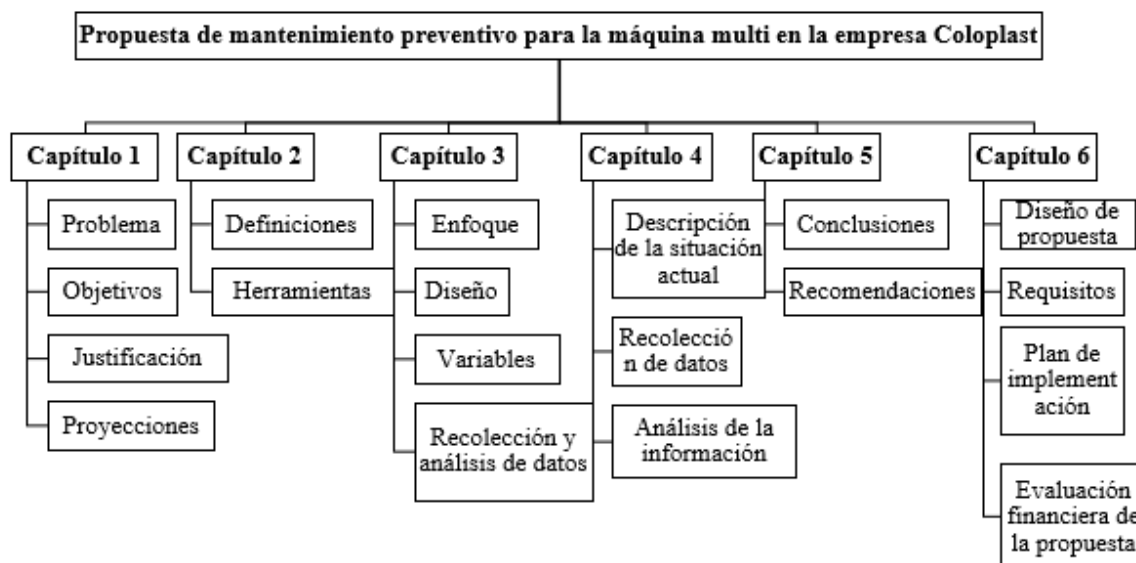
Indicador	Análisis por realizar	Programa	Uso
Porcentaje de productos que no cumplen con los estándares de calidad establecidos por la empresa durante los períodos de paro de las máquinas generadoras de multis	Diagrama de Ishikawa		Describir las necesidades de implementar mejoras en el proceso de mantenimiento para que los productos mejoren su calidad.
Porcentaje de la programación detallada de actividades de mantenimiento de la máquina productora de multis, seguimiento y registro de estas tareas realizadas.	Porcentaje de avance del proyecto		Medir la probabilidad de que se efectúen reportes de daños de acuerdo con la experiencia del personal de chequeo y mantenimiento.

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Cronograma

Se desarrolla la estructura de desglose de trabajo y el diagrama de Gantt relacionados con el presente trabajo de investigación. **Figura 23** se visualizan las secciones que incluye cada uno de los capítulos del presente trabajo de investigación para un mejor entendimiento de este.

Figura 23 Estructura EDT



Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Por otro parte, se puede visualizar en la **Tabla 9** el recorrido desde el taller de tesis donde se aprende a trabajar bajo un modelo APA séptima edición con el fin de conocer la estructura que debe presentar la investigación. Dado a esto se prepara un diagrama de Gantt con la finalidad de utilizar de guía siguiente cronograma:

Tabla 9 Cronograma de trabajo de investigación

Propuesta de mantenimiento preventivo para la máquina multi en la empresa Coloplast	SEMANAS																										
Tarea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Formato y estructura	■	■																									
Capítulo I Introducción		■	■																								
Correcciones capítulo I			■	■																							
Capítulo II Marco Teórico				■	■																						
Correcciones capítulo II					■	■																					
Capítulo III Marco metodológico						■	■																				
Correcciones capítulo III							■	■																			
Presentación								■	■	■																	
Capítulo IV																											
Descripción situación actual											■	■															
Medición consecuencias												■	■														
Análisis de las causas														■	■												
Capítulo V																											
Conclusiones																	■										
Recomendaciones																	■										
Capítulo VI																											
Propuesta																		■	■								
Plan de implementación																			■	■							
Análisis Económico																				■	■						
Modificaciones																						■	■				
Validación Filólogo																							■	■			
Solicitud de defensa																										■	■

Nota: Portugués Meoño Jennifer (2023)

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se realizará un diagnóstico de la situación actual en la maquina multi de la empresa Coloplast para determinar las diversas causas que generan problemas en la producción, para eso se tomará en cuenta diversas herramientas que ayuden en el análisis necesario para determinar la causa raíz.

En las máquinas productoras de multis, la situación actual se encuentra en constante evolución y adaptación a las nuevas demandas del mercado y los avances tecnológicos.

Por un lado, la demanda de productos multis ha experimentado un aumento significativo en los últimos años, ya que los consumidores buscan soluciones que combinen varias funciones en un solo producto. Esto ha llevado a que las máquinas productoras de multis deban aumentar su capacidad de producción y agilizar sus procesos para satisfacer la creciente demanda.

Descripción del Problema

Coloplast es una empresa danesa especializada en la fabricación de productos médicos y soluciones de cuidado de la salud. Entre los productos que fabrica y comercializa se encuentran los dispositivos médicos, productos para el cuidado de la piel y tratamientos de estomas.

En cuanto a sus máquinas de producción, Coloplast utiliza tecnología avanzada y equipos de alta calidad para fabricar sus productos. La empresa cuenta con instalaciones de producción a nivel global, distribuidas en diferentes países como Dinamarca, Estados Unidos, China, Francia y Costa Rica, entre otros.

Estas instalaciones están equipadas con maquinaria y tecnología de vanguardia que permiten llevar a cabo los procesos de producción de manera eficiente y segura. Las máquinas utilizadas en su producción son variadas, incluyendo equipos de moldeo por inyección, máquinas de ensamblaje y dispositivos de corte y sellado, entre otros.

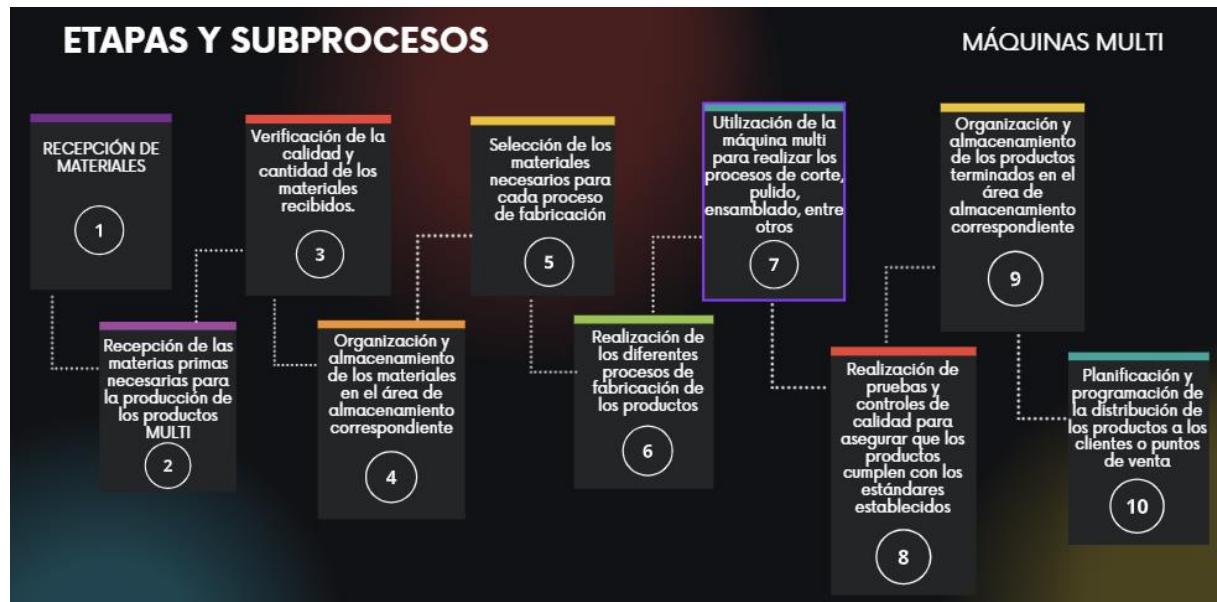
El problema principal es que solo se realiza mantenimiento correctivo a los equipos, lo que implica que cuando fallan, deben ser retirados de producción, lo que resulta en pérdidas económicas por la compra de piezas de repuesto y el tiempo invertido en la reparación. Este problema se agrava aún más si los equipos no tienen redundancia, ya que detienen completamente el proceso productivo y generan retrasos en la entrega de trabajos.

Además, desde el punto de vista de mantenimiento, no hay documentación relacionada con las averías, reparaciones u otros datos relevantes de los equipos. Esto dificulta en gran medida la gestión del mantenimiento, ya que no se dispone de una tendencia o punto de partida para analizar y mejorar el proceso. Otros problemas menos evidentes son los desgastes progresivos que sufren los equipos al no recibir un mantenimiento adecuado. Por ejemplo, no realizar cambios de aceite o lubricar los sistemas de transmisión de potencia provoca un desgaste acelerado. Además, las vibraciones generadas por un rodamiento defectuoso pueden dañar piezas que no están directamente relacionadas con dicho rodamiento.

No obstante, las máquinas encargadas de ensamblaje y dispositivos de corte y sellado, por la falta de mantenimiento respectivo, tienden a presentar paros de hasta 3 horas, generando una deficiencia en la producción de multis, este problema se ha venido evidenciado con el paso del tiempo,

Para describir el problema es necesario dar a conocer en la **Figura 24** el diagrama de etapas y procesos que se lleva a cabo para la producción de multis, el cual corresponde a:

Figura 24 Diagrama de procesos máquina multi



Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

La **Figura 24** detalla todo el proceso que se genera, para que se cumplan la producción requerida, según la demanda correspondiente, aunque en algunas etapas no tiene el funcionamiento

esperado, es de vital importancia que las máquinas productoras de multis cumplan con todas sus etapas y subprocesos de manera adecuada por varias razones:

- **Calidad del producto final:** Cada etapa y subproceso de producción tiene un impacto directo en la calidad del producto final. Si alguna de estas etapas se salta o no se realiza correctamente, el producto puede presentar defectos o fallos en su funcionamiento, lo que afectará la satisfacción del cliente.
- **Eficiencia y productividad:** Cumplir con todas las etapas y subprocesos de producción garantiza una mayor eficiencia y productividad en la línea de producción. Cada etapa tiene un tiempo y una función específica que contribuye al flujo de trabajo continuo y optimizado. Si alguna etapa se omite o se realiza de manera inadecuada, se pueden generar cuellos de botella o retrasos, lo que afectará la eficiencia y productividad general.
- **Seguridad:** Cada etapa y subproceso de producción está diseñado para garantizar la seguridad tanto de los trabajadores como de los productos. Por ejemplo, las etapas de mantenimiento y limpieza son esenciales para evitar accidentes y garantizar el cumplimiento de las normas de higiene y seguridad. Si estas etapas no se realizan adecuadamente, se corre el riesgo de poner en peligro la seguridad del personal y los consumidores.
- **Cumplimiento normativo:** Muchos sectores industriales tienen regulaciones y normas específicas que deben seguirse durante la producción. Cumplir con todas las etapas y subprocesos garantiza el cumplimiento de estas normas y evita posibles sanciones o problemas legales.

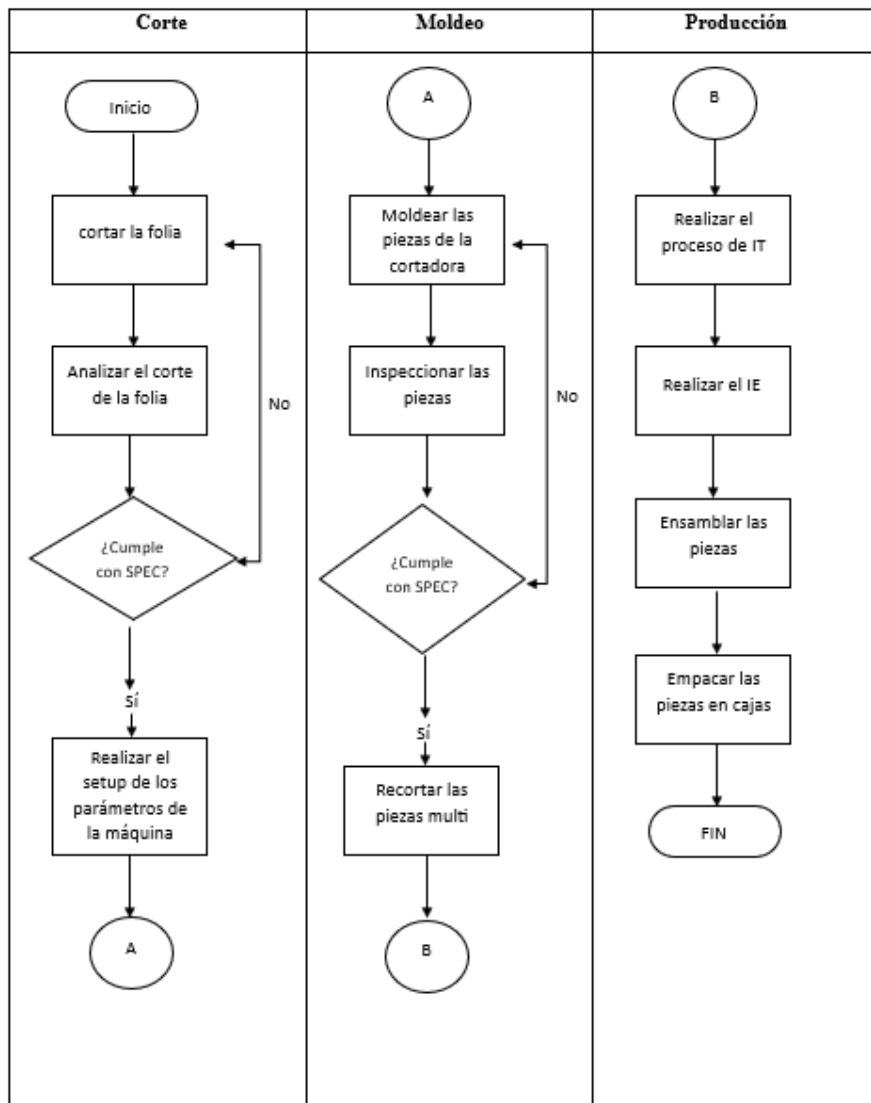
Es de gran importancia que la empresa Coloplast tenga presente las diversas etapas y subprocesos que se deben llevar a cabo, para la debida producción.

Donde gracias a al cumplimiento estricto de los procesos, es que se desarrolle y brinde una producción de calidad y de altos estándares, siendo así competitivos a nivel nacional e internacional.

Las máquinas destinadas a la producción de multis cumplen un proceso en cuanto a la elaboración de estos materiales donde por diversos mecanismos se le va dando forma a lo que se conoce como multi, pero en diversos casos en alguno de todos los procesos se presentan diversas

averías o fallas, en la **Figura 25** se detalla el proceso que cumple la máquina para generar una multi.

Figura 25 Proceso de producción Multi



Nota: Portugués Meoño Jennifer (2023)

Para la descripción de los problemas presentados en la producción de multis, en cuanto al mantenimiento respectivo de las máquinas, por medio de técnicos especializados, es importante que se tenga en cuenta a continuación, en la se muestra las fallas que presentan algunas piezas de multis, se revisa un total de 22 piezas por cavidad, pues los procedimientos de la empresa piden se revise piezas por el tipo de inspección que se efectúa de la especificación, para la realizar dicha

inspección se hace a simple vista; pero si se detecta la presencia de suciedad o un mal corte, los técnicos de moldeo pueden utilizar un sistema que monitorea la calidad y ver si cumple con la especificación en cuanto a sus dimensiones que vienen en el plano de la pieza. Se monitorearon 3 producciones cada 2 horas. En la **Tabla 10** se muestra si la pieza de multi sale contaminada o tiene algún fallo en el corte:

Tabla 10 Producción 1

PIEZA MULTI	CONTAMINADA/FALLA EN EL CORTE
1	FALLA EN EL CORTE
2	FALLA EN EL CORTE
3	CONTAMINADA
3	FALLA EN EL CORTE
4	CONTAMINADA
5	CONTAMINADA
6	FALLA EN EL CORTE
7	FALLA EN EL CORTE
8	CONTAMINADA
9	FALLA EN EL CORTE
10	FALLA EN EL CORTE
11	FALLA EN EL CORTE
12	CONTAMINADA
13	FALLA EN EL CORTE
14	FALLA EN EL CORTE
15	CONTAMINADA

PIEZA MULTI	CONTAMINADA/FALLA EN EL CORTE
16	FALLA EN EL CORTE
17	FALLA EN EL CORTE
18	CONTAMINADA
19	FALLA EN EL CORTE
20	FALLA EN EL CORTE
21	CONTAMINADA
22	FALLA EN EL CORTE

Nota: Portugués Meoño Jennifer (2023)

En cuanto a la producción 2 en la siguiente **Tabla 11** se muestran las piezas multi defectuosas de un lote de 22 piezas:

Tabla 11 Producción 2

PIEZA MULTI	CONTAMINADA/FALLA EN EL CORTE
1	CONTAMINADA
2	CONTAMINADA
3	FALLA EN EL CORTE
3	FALLA EN EL CORTE
4	FALLA EN EL CORTE
5	CONTAMINADA
6	FALLA EN EL CORTE
7	FALLA EN EL CORTE

PIEZA MULTI	CONTAMINADA/FALLA EN EL CORTE
8	CONTAMINADA
9	FALLA EN EL CORTE
10	FALLA EN EL CORTE
11	FALLA EN EL CORTE
12	FALLA EN EL CORTE
13	FALLA EN EL CORTE
14	FALLA EN EL CORTE
15	CONTAMINADA
16	FALLA EN EL CORTE
17	FALLA EN EL CORTE
18	CONTAMINADA
19	FALLA EN EL CORTE
20	FALLA EN EL CORTE
21	CONTAMINADA
22	FALLA EN EL CORTE

Nota: Portugués Meoño Jennifer (2023)

En cuanto a la producción 3 en la siguiente

Tabla 12 se muestran las piezas multi defectuosas de un lote de 22 piezas:

Tabla 12 Producción 3

PIEZA MULTI	CONTAMINADA/FALLA EN EL CORTE
1	CONTAMINADA
2	CONTAMINADA
3	CONTAMINADA
3	FALLA EN EL CORTE
4	FALLA EN EL CORTE
5	CONTAMINADA
6	CONTAMINADA
7	CONTAMINADA
8	CONTAMINADA
9	FALLA EN EL CORTE
10	FALLA EN EL CORTE
11	FALLA EN EL CORTE
12	FALLA EN EL CORTE
13	FALLA EN EL CORTE
14	FALLA EN EL CORTE
15	CONTAMINADA
16	CONTAMINADA
17	CONTAMINADA

PIEZA MULTI	CONTAMINADA/FALLA EN EL CORTE
18	CONTAMINADA
19	FALLA EN EL CORTE
20	FALLA EN EL CORTE
21	FALLA EN EL CORTE
22	FALLA EN EL CORTE

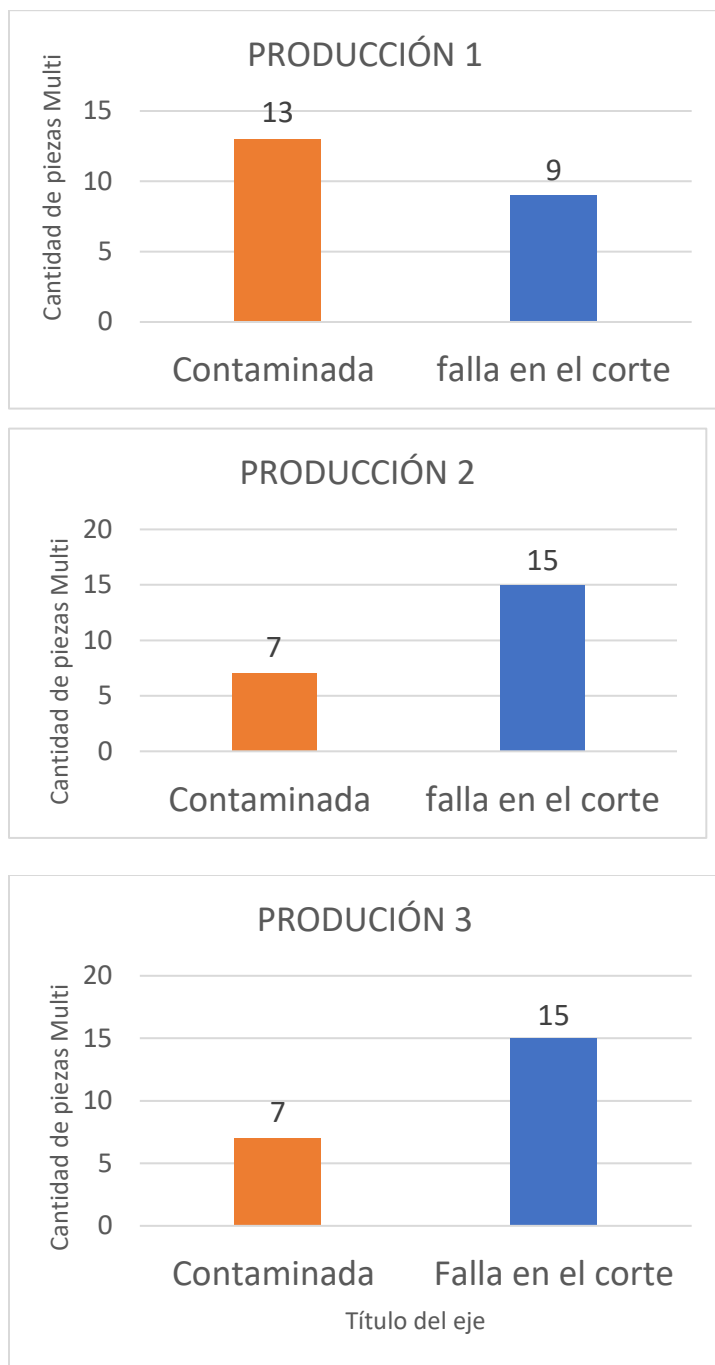
Nota: Portugués

Meoño Jennifer (2023)

En la empresa Coloplast cuales tienen turnos mantenimiento respectivo a las máquinas productoras de multis, estás máquinas cuando presentan alguna avería son trasladadas al taller donde técnicos especializados brindan el soporte necesario para identificar el problema y así poner la máquina a cumplir con sus funciones requeridas. En la

existen 5 técnicos de los rotativos, donde brindan el

Figura 26 se determina gráficos según la cantidad de fallas por producción, para una mejor visualización de los resultados de las piezas revisadas durante tres días consecutivos, en un periodo de tiempo de 2 horas, se presentan las siguientes gráficas:

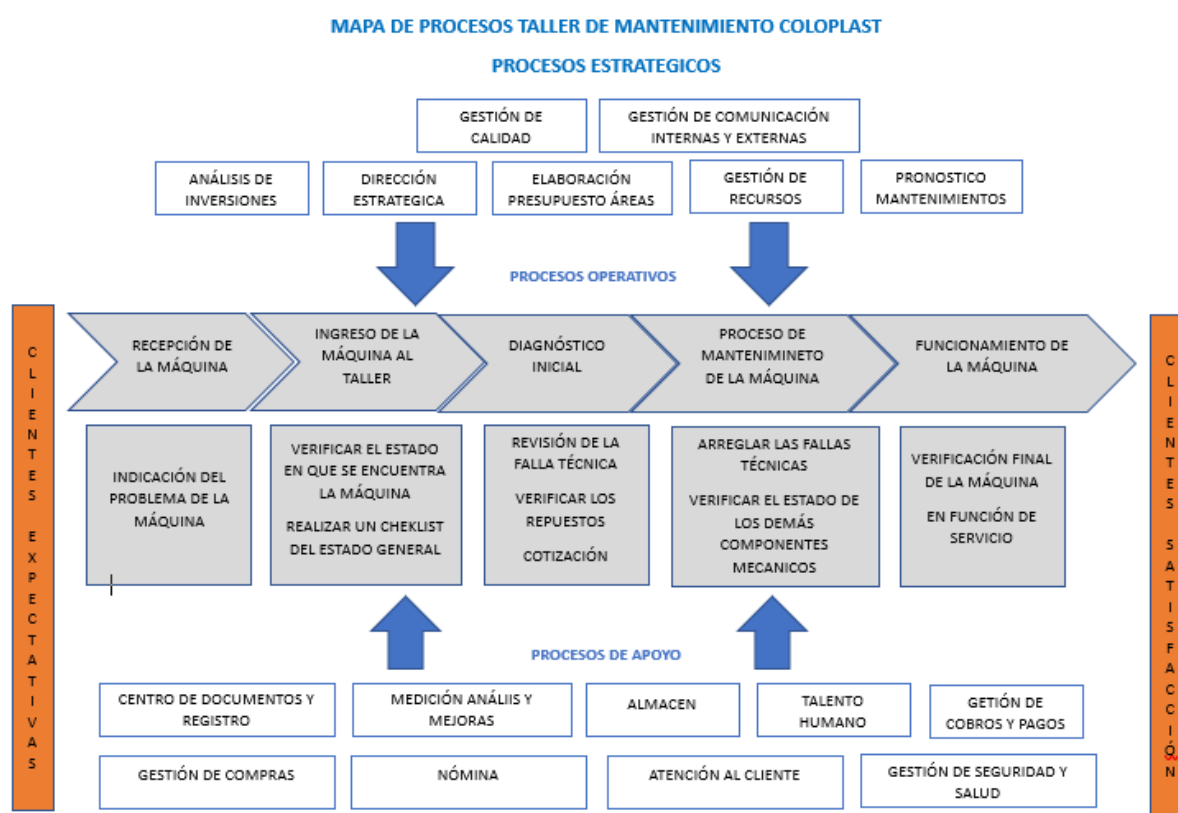
Figura 26 Cantidad de fallas por producción máquina 1

Nota: Jenniffer Portugués Meoño

A la hora de medir las diversas consecuencias que puede generar un mal mantenimiento en una máquina, establece que se den pérdidas tanto de materia prima como económica y tiempo, generando bajos índices de producción.

En la **Figura 27** se detalla el proceso estratégico que se lleva a cabo para el mantenimiento de las máquinas para la debida valoración por expertos en mantenimiento, no obstante, es de gran importancia que se vincule un plan de acción en el que se valoren los aspectos de manera previa:

Figura 27 Mantenimiento de la máquina productora de multi



Nota: Portugués Meoño Jennifer (2023)

Estos procesos evidencian que los problemas presentes en las máquinas se deben corregir para reforzar la empresa y al departamento de mantenimiento, pues todos los síntomas presentados pueden ser cambiados con ayuda de una adecuada gestión en las actividades de mantenimiento. Se ha identificado que el 65% de las órdenes de trabajo relacionadas a mantenimiento son programadas y el restante 35% se debe a mantenimientos oportunos que deben de realizarse.

Medición de las Consecuencias

Las consecuencias que genera la falta de mantenimiento en las máquinas productoras de multi se ve reflejado en cuanto al cumplimiento de la demanda requerida para que se lleve a cabo el proceso. De tal manera, si las máquinas multis no son mantenidas adecuadamente, pueden

presentar fallos o averías que afecten directamente la capacidad productiva de la empresa. Esto puede llevar a retrasos en la entrega de productos, disminución de la eficiencia y productividad, y potencialmente pérdida de clientes o contratos para obtener el porcentaje de las inconformidades en general del proceso de chequeo.

La herramienta AMFE es esencial para identificar las consecuencias en cuanto al proceso de elaboración de multis donde se puede identificar los posibles fallos y averías que pueden ocurrir en la máquina. Esto permite al equipo de mantenimiento anticiparse a los problemas y tomar medidas preventivas antes de que se produzcan. En la **Figura 28** detalla el análisis de Modo y Efecto de Fallas presentes en la máquina productora de multis:

Figura 28 Análisis modal de daño y efecto

Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial	Severidad	Causas potenciales	Ocurrencia	Control actual	Detección	RPN
Corte de máquina	Cortar un área menor a la especificada	No se puede utilizar la pieza multi por las dimensiones . Parte descartada	3	Falta de Pericia del operador; moldes imperfectos; instrumentos de corte defectuoso	4	Inspecciones simultaneas con la operación	3	72
Corte de máquina	Cortar un área mayor a la especificada	Reproceso de corte hasta lograr las dimensiones correctas	6	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; navaja de corte defectuosa	5	Inspecciones simultaneas con la operación	3	45
Corte de máquina	Rompe el centro de la folia plástica	No se puede ensamblar la pieza multi si presenta cortes en el centro.	3	Falta de pericia del operador; navaja de corte defectuosa; condiciones de configuración deficientes	3	Inspecciones simultaneas con la operación / inspección final	3	72
Corte de máquina	se ensucia la folia plástica	Alteración del producto estéril multi. Producto terminado no conforme	6	Falta de mantenimiento; limpieza; orden y estandarización	6	Inspecciones simultaneas con la operación / inspección final de	5	150

Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial	Severidad	Causas potenciales	Ocurrencia	Control actual	Detección	RPN
						mantenimiento		
Corte de máquina	Que un operario se corte	Accidente, incapacidad del operario, proceso interrumpido. Alteración de la producción	8	Falta de pericia del operador; uso inadecuado o falta de elementos de protección personal	2	Operario	1	20
Corte de máquina	cortar o entregar piezas incompletas	No se puede generar el material con piezas multi	10	Falta de pericia del operador; herramientas de control de unidades en proceso	6	Inspección final de corte/ conteo inicial en la máquina de corte	4	72

Nota: Portugués Meoño Jennifer (2023)

En el análisis anterior, el proceso de corte de máquina presenta varias fallas potenciales y efectos de las fallas que pueden ocurrir. Estas fallas tienen diferentes niveles de severidad. Entre las fallas antes determinadas destacan:

- Cortar un área menor a la especificada
- Cortar un área mayor a la especificada
- Romper el centro de la folia plástica
- Ensuciarse la folia plástica
- Cortar o entregar piezas incompletas

El análisis contundente revela que las principales consecuencias de las fallas potenciales en el proceso de corte de máquina son por diversas causas como; la falta de pericia del operador, moldes o instrumentos defectuosos, condiciones de configuración deficientes, falta de mantenimiento y limpieza, y uso inadecuado o falta de elementos de protección personal.

Las posibles consecuencias que se pueden presentar en una máquina multi, varían en cuanto a la parte mecánica o eléctrica, por no haber una buena lubricación de las piezas que

conforman la máquina o ya sea por no realizar cambios oportunos de piezas deterioradas, también, pueden surgir algunos daños más profundos en las máquinas productoras.

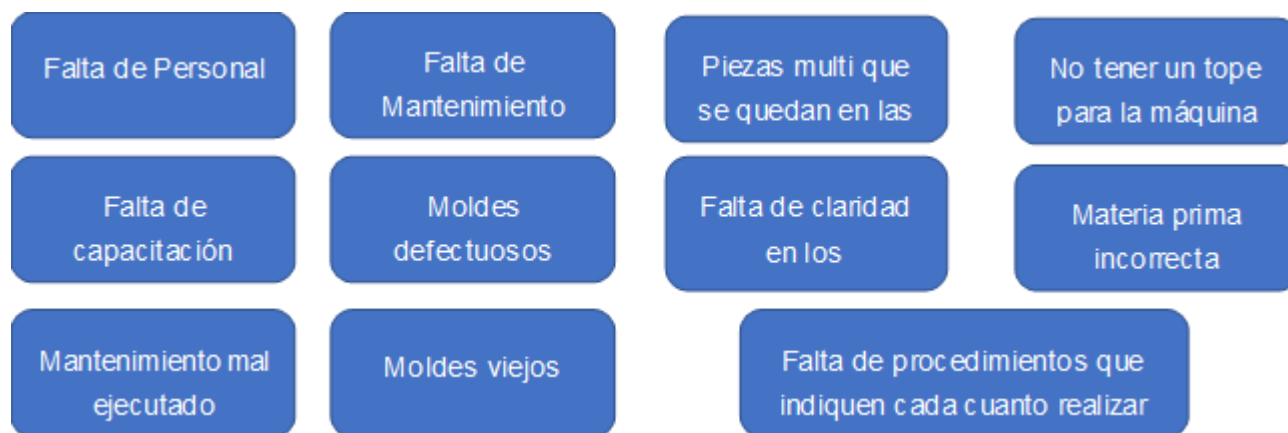
En cuanto a lo anterior, las implicaciones operativas de la máquina pueden afectar la operación diaria de la empresa, incluyendo aspectos como el tiempo de producción, la capacidad de producción y los recursos necesarios. Esto permite planificar, organizar y brindar el mantenimiento correspondiente para mejorar la producción y así maximizar la eficiencia y minimizar los problemas operativos.

Análisis de las Causas

La empresa Coloplast presenta ciertos retrasos en cuanto a su producción de multis, ya que por diversas causas las máquinas productoras presentan diversos paros, por lo que, es importante identificar las causas del problema presente, para determinar su causa raíz y encontrar la mejor solución.

Con el fin de analizar las causas que genera la poca producción de multis, donde se utiliza diversas herramientas para realizar la medición de las consecuencias. Se efectúa una lluvia de ideas donde se toma la opinión de los técnicos de moldeo e ingenieros del área sobre las posibles causas por las cuales se puede presentar fallas en la productividad. A continuación, en la **Figura 29** se observa la lluvia de ideas:

Figura 29 Lluvia de ideas



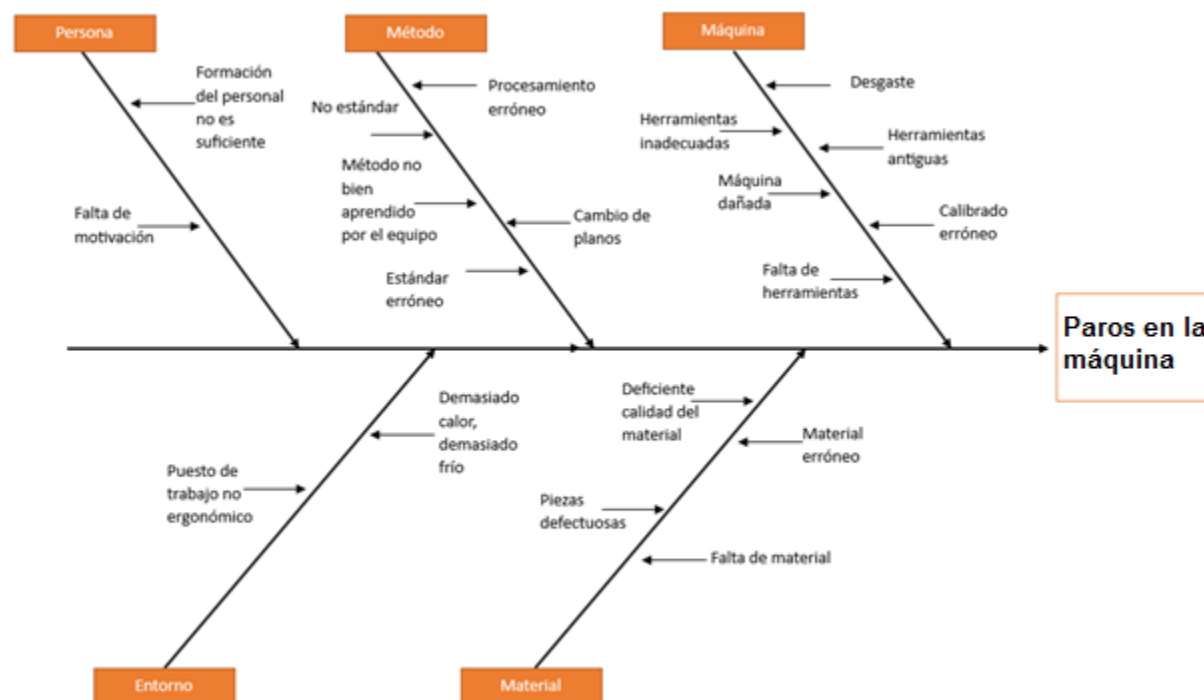
Nota: Portugués Meoño Jenniffer 2023

En la **Figura 29** se puede observar las posibles causas por las cuales los técnicos e ingenieros creen se genera un mal mantenimiento en las piezas.

Por otra parte, se utiliza un diagrama de Ishikawa para acomodar las ideas Falta de personal, Falta de capacitación, Mantenimiento mal ejecutado, Falta de mantenimiento, Falta de procedimientos más claros sobre el mantenimiento, entre otras.

Ciertas herramientas son relevantes para el problema y una de ellas para representar es mediante un diagrama de Ishikawa. Centrado en encontrar causas relacionadas con el método de mantenimiento utilizado, los materiales utilizados y el personal encargado de las labores de mantenimiento, así como causas relacionadas con la gerencia. En la **Figura 30** se muestra un esquema Ishikawa donde se muestra el análisis de las causas que presentan las máquinas y el equipo de mantenimiento en la empresa Coloplast:

Figura 30 Causas de la empresa Coloplast



Nota: Portugués Meoño Jennifer (2023)

En relación al diagrama anterior, es que se evidencia como la empresa Coloplast, presenta ciertas causalidades que se deben tener presentes para generar una buena producción y cumplir con lo previsto en cuanto a las piezas multi, es por eso, que una de las causantes principales es el problema de calidad con los productos, teniendo en cuenta como:

- Falta de controles de calidad adecuados.

- Problemas en los procesos de fabricación.
- Falta de capacitación y conocimiento del personal.
- Poco mantenimiento por parte de los técnicos.

Estas causas reflejan el compromiso que debe haber con la implementación de planes de mantenimiento eficaces para llevar a cabo una producción más completa y satisfactoria, donde el objetivo de este estudio es analizar cómo la supervisión en los tres turnos y la capacitación de los operarios en mantenimientos preventivos influyen en la calidad del producto final procesado. Se propone realizar un análisis estadístico utilizando las variables Diámetro (cm) y Suciedad (%). Las especificaciones para estas variables son un diámetro final entre 9cm y 12cm, y un máximo de 5% de suciedad.

Se plantea analizar los tres turnos (Mañana, Tarde y Noche) debido a que la supervisión en cada turno varía. En el primer turno se realiza una supervisión más estricta de las tareas y se revisan las máquinas de forma detallada. En el segundo turno, la supervisión es menor y algunos procesos podrían quedar sin realizar correctamente. Durante el turno de noche, la supervisión es aún más baja. La supervisión es importante para asegurar que se realicen los mantenimientos requeridos en el momento adecuado y se sigan los protocolos necesarios para garantizar una alta calidad en el procesamiento final.

Además de la supervisión, se considera crucial la capacitación de los operarios en mantenimientos preventivos. Se analizará específicamente el cambio de cuchillas, que afecta el tamaño del diámetro final, y la limpieza de bandas y rodillos, que influye en el porcentaje de suciedad de las unidades finales. Se incluirán tres grupos de operarios: no capacitados (que no realizan ningún mantenimiento), semi-capacitados (que realizan solo uno de los dos mantenimientos) y capacitados (que aplican ambos mantenimientos).

El análisis propuesto para verificar si los promedios de diámetro y porcentaje de suciedad difieren significativamente según el nivel de supervisión y capacitación de los operarios es un análisis de la varianza (ANOVA) de dos factores y varias muestras por grupo. Los turnos se consideran los bloques o filas, y la capacitación de los operarios se considera el tratamiento o columna. Se tomaron 20 muestras por cada subgrupo, lo que da un total de 180 observaciones. Las tablas están ordenadas según acuerdo los dos factores para el análisis de la varianza.

En la siguiente **Figura 31** se muestra los resultados del ANOVA utilizando las 180 observaciones.

Figura 31 Observaciones por jornada

Diámetro (cm)				Suciedad (%)			
Turno	No capacitado	Semicapacitado	Capacitado	Turno	No capacitado	Semicapacitado	Capacitado
Mañana	11.06	9.85	11.20	Mañana	3.42	1.78	0.28
	9.85	9.58	10.28		4.69	2.21	7.11
	9.52	10.45	10.04		8.73	2.07	2.86
	11.53	10.58	11.84		3.76	3.22	3.49
	11.44	8.66	11.15		4.95	0.48	4.63
	10.56	11.60	13.61		3.94	4.33	4.33
	11.24	10.84	8.59		6.66	4.15	2.30
	10.53	11.99	9.76		1.77	7.50	3.30
	7.91	10.12	10.20		9.57	4.49	2.44
	11.56	9.10	10.26		4.62	3.76	4.06
	9.18	11.14	11.49		4.95	0.75	3.00
	10.58	12.72	10.67		4.73	2.34	3.46
	11.08	11.25	11.19		0.65	4.14	2.95
	9.44	10.82	11.29		4.70	4.06	4.66
	11.49	11.35	11.89		4.03	4.90	1.40
	14.76	9.56	10.31		9.12	3.40	0.74
	9.42	11.85	10.91		1.67	4.98	3.86
	12.23	9.10	13.14		4.78	1.84	1.50
Tarde	13.75	11.68	9.26	Tarde	7.84	5.33	2.65
	12.94	10.34	10.31		6.84	5.03	4.42
	12.38	9.85	9.61		7.86	1.75	0.91
	11.56	7.58	11.52		1.54	2.03	3.64
	11.79	10.45	11.64		4.06	2.76	2.11
	11.30	10.58	7.53		3.86	2.96	2.35
	9.79	8.66	9.27		5.81	0.23	1.48
	15.60	11.60	11.59		2.40	4.66	4.39
	13.58	10.84	12.10		1.31	3.40	2.88
	11.63	11.99	9.85		1.70	5.31	5.17
	11.41	8.12	11.02		4.72	1.14	2.56
	11.39	8.10	11.63		0.12	1.17	2.60
	14.97	13.14	11.05		8.12	7.24	4.49
	13.15	12.72	11.65		5.49	6.54	4.65
	12.27	11.25	9.97		0.55	4.08	3.69
	11.58	10.82	11.96		4.95	3.37	2.84
	14.03	12.35	10.22		8.71	5.92	4.90
	11.75	9.56	9.82		1.06	1.27	0.33
Noche	11.90	11.85	11.21		1.33	5.08	4.89
	11.59	9.10	10.31		4.41	0.50	0.60
	10.65	11.68	10.06		7.13	4.80	4.56
	8.67	10.34	11.56		2.67	2.57	1.89
	16.71	11.75	10.00		3.91	2.25	0.76
	16.41	10.32	6.98		0.64	1.53	1.68
	12.59	11.06	10.81		5.11	3.26	4.86
	16.38	10.02	10.97		5.35	3.46	2.93
	14.09	11.36	8.41		1.52	0.27	2.67
	8.33	11.04	16.33		13.39	10.16	4.98
	12.09	10.98	11.32		5.88	3.90	2.92
	10.48	11.59	12.85		8.17	4.81	0.71
	14.57	12.54	9.69		0.44	0.64	0.65
	12.27	9.61	7.67		0.40	0.67	8.05
	14.95	14.14	11.39		10.49	7.74	4.05
	16.36	11.63	13.83		9.65	7.04	5.29
	11.41	9.20	11.86		6.69	4.58	3.61
	12.48	10.63	11.29		5.84	3.87	1.93
	12.55	11.15	11.34		8.90	6.42	3.66
	12.05	11.13	9.62		3.33	1.77	3.12
	10.11	8.11	11.66		7.89	5.58	3.28
	13.84	10.65	9.00		2.40	1.00	2.71
	14.15	12.11	12.44		7.56	5.30	1.13
	13.21	11.33	10.66		4.89	3.07	5.67

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

La **Figura 32** muestra el análisis ANOVA correspondiente:

Figura 32 ANOVA para los diámetros (cm)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo						
RESUMEN	No capacitado	Semicapacitado	Capacitado	Total		
Mañana						
Cuenta	20	20	20	60		
Suma	220.07	212.58	217.39	650.04		
Promedio	11.00	10.63	10.87	10.83		
Varianza	2.63	1.20	1.42	1.72		
Tarde						
Cuenta	20	20	20	60		
Suma	240.99	210.58	213.57	665.14		
Promedio	12.05	10.53	10.68	11.09		
Varianza	2.62	2.60	1.31	2.58		
Noche						
Cuenta	20	20	20	60		
Suma	265.03	220.35	218.12	703.50		
Promedio	13.25	11.02	10.91	11.73		
Varianza	5.17	1.59	4.53	4.83		
Total						
Cuenta	60	60	60			
Suma	726.09	643.51	649.08			
Promedio	12.10	10.73	10.82			
Varianza	4.21	1.78	2.35			
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	25.32	2	12.66	4.94	0.01	3.05
Columnas	71.01	2	35.50	13.84	0.000003	3.05
Interacción	28.56	4	7.14	2.78	0.03	2.42
Dentro del grupo	438.50	171	2.56			
Total	563.38	179				

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

El análisis referente a la **Figura 32** da a conocer todo lo relacionado con los datos por jornada de la empresa Coloplast.

Hipótesis nulas

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ el promedio en los diámetros es el mismo para los tres tipos de capacitación de los operarios.

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ el promedio en los diámetros es el mismo para los tres turnos.

Ho: El promedio en los diámetros es el mismo para las diferentes interacciones de los factores.

Hipótesis alternativas

Ho: $\mu_i \neq \mu_j$ el promedio en los diámetros es distinto para al menos dos tipos de capacitación de los operarios.

Ho: $\mu_i \neq \mu_j$ el promedio en los diámetros es distinto para al menos dos turnos.

Ho: El promedio en los diámetros es distinto al menos en alguna de las interacciones de los factores.

La tabla resumen indica que la Muestra (filas o bloques) tienen un valor de p (probabilidad) de 0.01, como este valor es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que existen diferencias significativas en los promedios de los diámetros debido al turno, es decir, debido al nivel de supervisión con el que las máquinas y los operarios trabajen, una supervisión más leve o una más estricta influye en el diámetro final con el que las unidades se procesan.

La tabla resumen indica que las Columnas (tratamientos) tienen un valor de p (probabilidad) de 0.000003, como este valor es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que existen diferencias significativas en los promedios de los diámetros debido a la capacitación de los operarios, es decir, debido a los mantenimientos preventivos de cambio de cuchilla correctos que las máquinas reciban de parte de los operarios o técnicos al inicio de cada turno para trabajar.

Finalmente, la interacción combinada de factores supervisión y capacitación, afecta el promedio significativamente (también por separado) de los diámetros, como lo indica el valor de probabilidad de 0.03 menor a $\alpha = 0.05$. Esto dice que cuando ambos factores se analizan en conjunto produce afectaciones significativas en el promedio final, por ejemplo, un operario o técnico bien capacitado en el cambio de las cuchillas de corte no es suficiente por sí solo, sino que requiere de una supervisión adecuada de ejecutar efectivamente la realización del mismo. La siguiente figura muestra los niveles de suciedad (%)

Figura 33 ANOVA los niveles de suciedad (%)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo				
RESUMEN	No capacitado	Semicapacitado	Capacitado	Total
<i>Mañana</i>				
Cuenta	20	20	20	60
Suma	101.42	70.76	63.44	235.62
Promedio	5.07	3.54	3.17	3.93
Varianza	5.94	2.96	2.43	4.34
<i>Tarde</i>				
Cuenta	20	20	20	60
Suma	77.80	66.78	60.93	205.51
Promedio	3.89	3.34	3.05	3.43
Varianza	7.18	4.23	2.34	4.55
<i>Noche</i>				
Cuenta	20	20	20	60
Suma	112.45	77.32	64.66	254.43
Promedio	5.62	3.87	3.23	4.24
Varianza	12.78	7.00	3.61	8.57
<i>Total</i>				
Cuenta	60	60	60	
Suma	291.67	214.86	189.03	
Promedio	4.86	3.58	3.15	
Varianza	8.87	4.62	2.70	

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	20.30	2	10.15	1.88	0.16	3.05
Columnas	95.01	2	47.51	8.82	0.0002	3.05
Interacción	14.23	4	3.56	0.66	0.62	2.42
Dentro del grupo	920.83	171	5.38			
Total	1,050.38	179				

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

En cuanto al análisis anterior de la **Figura 33** se muestra el siguiente análisis:

Hipótesis nulas

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ el promedio en los porcentajes de suciedad es el mismo para los tres tipos de capacitación de los operarios.

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ el promedio en los porcentajes de suciedad es el mismo para los tres turnos.

Ho: El promedio en los porcentajes de suciedad es el mismo para las diferentes interacciones de los factores.

Hipótesis alternativas

Ho: $\mu_i \neq \mu_j$ el promedio en los porcentajes de suciedad es distinto para al menos dos tipos de capacitación de los operarios.

Ho: $\mu_i \neq \mu_j$ el promedio en los porcentajes de suciedad es distinto para al menos dos turnos.

Ho: El promedio en los porcentajes de suciedad es distinto al menos en alguna de las interacciones de los factores.

La tabla resumen indica que la Muestra (filas o bloques) tienen un valor de p (probabilidad) de 0.16, como este valor es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, no se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que no existen diferencias significativas en los promedios de los porcentajes de suciedad debido al turno, es decir, debido al nivel de supervisión con el que las máquinas y los operarios trabajen, una supervisión más leve o una más estricta no influye de forma significativa en el porcentaje de suciedad final con el que las unidades se procesan.

La tabla resumen indica que las Columnas (tratamientos) tienen un valor de p (probabilidad) de 0.0002, como este valor es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que existen diferencias significativas en los promedios de los porcentajes de suciedad debido a la capacitación de los operarios, es decir, debido a los mantenimientos preventivos de limpieza de rodillos y bandas transportadoras correctos que las máquinas reciban de parte de los operarios o técnicos al inicio de cada turno para trabajar.

Finalmente, la interacción combinada de factores supervisión y capacitación, no afecta de forma significativa el promedio (también, aunque por separado uno de ellos sí) de los porcentajes de suciedad, como lo indica el valor de probabilidad de 0.16 mayor a $\alpha = 0.05$. Esto dice que cuando ambos factores se analizan en conjunto no produce afectaciones significativas en el promedio final, por ejemplo, un operario o técnico bien capacitado o no en la limpieza de rodillos y de bandas transportadoras, al ser o no supervisado no supone una gran diferencia en el porcentaje final de suciedad, por la interacción de ambos efectos combinados.

Utilizando la muestra utilizada y las especificaciones en los diámetros y porcentajes de suciedad, se procede a clasificar cada una de estas en aceptada y rechazada, de acuerdo a los turnos y de acuerdo a los mantenimientos con los que funcionan las máquinas, esto combinado con el

ANOVA anterior ayuda a evidenciar que un nivel de supervisión más estricto favorece a que hayan menos unidades rechazadas, de igual manera un mantenimiento preventivo adecuado favorece a que hayan menos unidades rechazadas.

Tabla 13 Aceptable o rechazable según jornada

	Absolutos			Relativos		
Turno	Acepta	Rechaza	Totales	Acepta	Rechaza	Totales
Mañana	44	16	60	73%	27%	100%
Tarde	38	22	60	63%	37%	100%
Noche	25	35	60	42%	58%	100%
Totales	107	73	180			

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

De este cuadro se deduce que en el turno de la mañana hay un 73% de aceptación, este turno es el más estricto en supervisión, el porcentaje de aceptación disminuye a 63% con una supervisión menos estricta y en el turno de la noche donde hay muy poca supervisión apenas un 42% de la producción es aceptada. El criterio de aceptación es que ambas especificaciones, diámetro entre 9cm y 12 cm y porcentajes de suciedad entre 0% y 5% sean satisfechos.

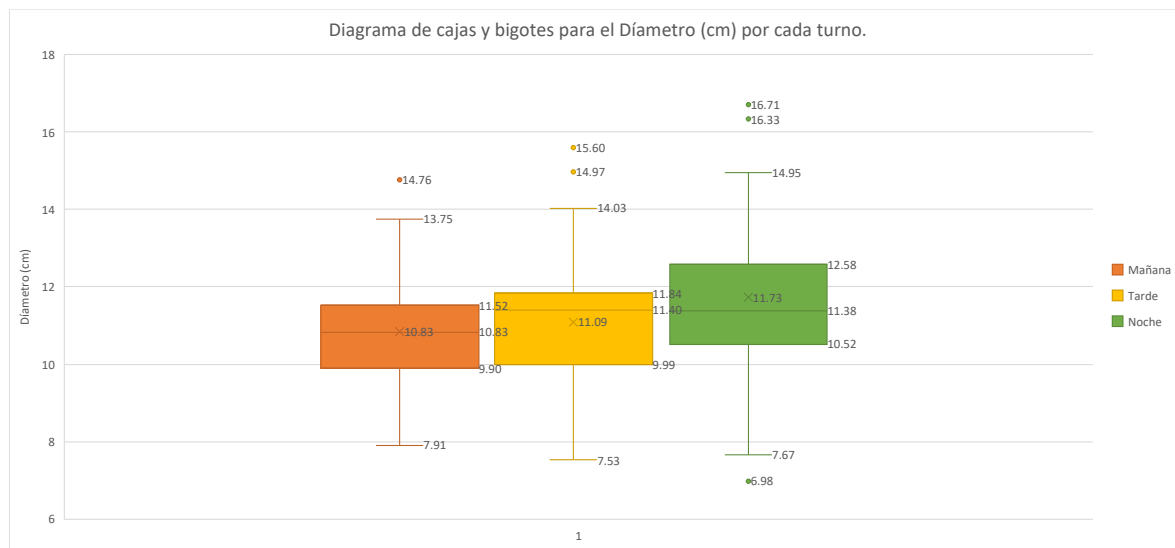
Tabla 14 nivel de capacitación

	Absolutos			Relativos		
Turno	Acepta	Rechaza	Totales	Acepta	Rechaza	Totales
No capacitado	23	37	60	38%	62%	100%
Semi-capacitado	39	21	60	65%	35%	100%
Capacitado	45	15	60	75%	25%	100%
Totales	107	73	180			

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

La producción aceptada, ejecutada en máquinas sin cambios de cuchillas y sin limpieza de bandas y rodillos, es decir, por operarios no capacitados es apenas 38%, cuando uno de estos dos mantenimientos es aplicado a las máquinas el porcentaje de aceptación incrementa a 65% y cuando la máquina recibe ambos mantenimientos la producción aceptada es de 75%, es notorio el beneficio en la producción que aporta un buen mantenimiento preventivo en las máquinas Multi, así como una supervisión estricta adecuada.

Figura 34 Diagrama de cajas



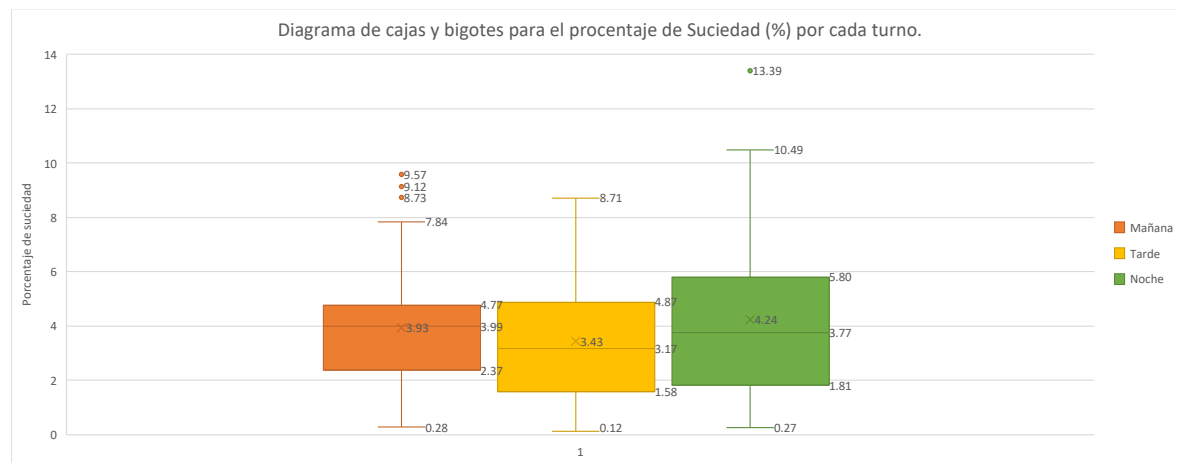
Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

En el diagrama de cajas y bigotes se muestran varias estadísticas descriptivas. Se muestra que en el turno de la mañana en promedio cada unidades procesada tiene un diámetro de 10.83cm al igual que su mediana 10.83cm lo que indica que los datos son aproximadamente centrados o acampanados, un 50% de los diámetros son menores o iguales a 10.83cm y el restante 50% tiene una longitud superior a este valor, el percentil 25 corresponde a 9.90cm lo que indica que un 25% de los diámetros son menores o iguales a 9.90cm mientras que el restante 75% tienen una longitud mayor, mientras que el percentil 75 corresponde a 11.52cm, entonces un 75% de las unidades procesadas tienen un diámetro de 11.52cm o menos, mientras que el 25% restante de la producción tiene un diámetro superior a los 11.52cm.

Las medidas de los otros turnos se interpretan en forma similar, se resalta que los turnos con menor supervisión tienden a tener un promedio de diámetro superior, por ejemplo, la media o

promedio se indica con una x en el turno de la tarde es de 11.09cm mientras que en el turno de la noche es de 11.73cm. En el caso del turno de la mañana y de la tarde el 50% de los diámetros centrales están dentro de las especificaciones, sin embargo, los del turno de la noche tienen diámetros centrales por fuera de la especificación, lo cual es un indicador de que algo sucede durante ese turno que afecta el tamaño final de los diámetros.

Figura 35 Diagrama de cajas en porcentaje de suciedad por turno

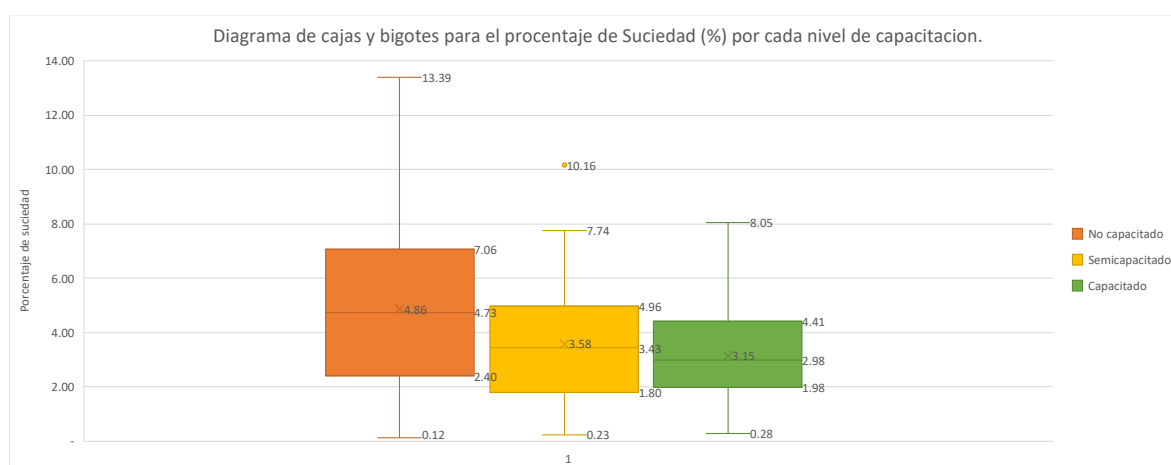
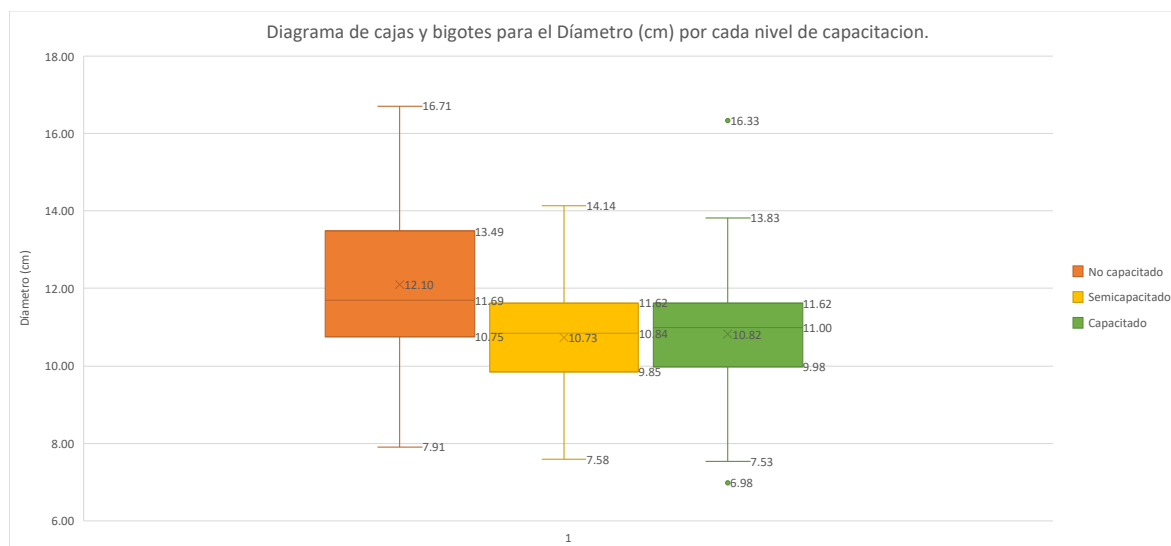


Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

En los porcentajes de suciedad si bien la supervisión que se da en cada turno no indica que el porcentaje de suciedad sea menor en promedio, si es cierto que la variabilidad del proceso es menor, notamos que se puede garantizar al menos un 75% de la producción con un nivel de suciedad de 4.77% o menos en el turno de la mañana, el turno de la tarde es más variable que el anterior y hay un 75% de la producción que tiene 4.87% de suciedad o menos, mientras que en el turno de la noche se da una gran variabilidad la mayor de todas, y no es posible garantizar que el 75% de la producción sea aceptable, ya que el 75% de las unidades tienen 5.80% de suciedad o menos. El proceso de limpieza no está centrado más bien presenta asimetrías positivas o alargadas hacia la derecha, debido a que su media es mayor que su mediana en los turnos de la tarde y noche, y una asimetría negativa o con cola hacia la izquierda en el caso del turno de la mañana ya que su promedio o media es inferior que su mediana.

Se agregan gráficos similares para cada uno de los niveles de capacitación, que se interpretarán de manera similar.

Figura 36 Diagrama de cajas por capacitación



Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presenta las conclusiones y recomendaciones generadas después del análisis de la situación actual realizada, en este se exponen los principales hallazgos obtenidos de las etapas anteriores.

Conclusiones

- Se concluye que el principal problema por el cual la máquina multi se detiene constantemente durante la jornada de trabajo se debe a suciedad en la misma. Esto ocasiona

que los cortes en las piezas no sean los correctos, por lo que no se cumple con los estándares de calidad esperados.

- Se identifica que los paros generan consecuencias importantes para el proceso y para la empresa, esto debido a que al dañarse la máquina los operarios pasan horas sin producir. Esto genera que en muchas ocasiones no se cumpla con la producción planificada, lo que se traduce en pérdidas económicas debido a que en algunos casos no se satisface la petición del cliente y en otras ocasiones se debe de pagar horas extra a los operarios para lograr el objetivo.
- Los paros en la máquina se deben a que actualmente la empresa no cuenta con planes de mantenimiento en la máquina por lo que no se realiza ningún tipo de limpieza en la misma ni por parte de los operarios ni por los técnicos. Se pretende que se realice un mantenimiento autónomo, es decir, capacitar a los operarios de las máquinas para que sean ellos mismos quienes den el mantenimiento preventivo a las mismas.
- Se identificó que la máquina debe de ser detenida 4 veces durante cada turno para realizar cambios en los rollos de la misma, es por esto que se pretende que en este espacio se realice el mantenimiento preventivo. Como parte de la propuesta se debe de realizar un cronograma donde se contemple este tipo de mantenimiento y que los operarios estén capacitados para realizarlos.
- Es necesario establecer los controles para el cumplimiento de la propuesta, por lo que se identifica que es necesario brindar responsables del mantenimiento de las máquinas y cumplir con los KPI's correspondientes como medida para asegurar el cumplimiento del plan por medio de una métrica.

Recomendaciones

- Se recomienda tener un stock de seguridad para evitar que en casos donde haya un paro inesperado no se pueda cumplir con la demanda del cliente. Este stock debe de ir acorde con la capacidad de almacenamiento que tiene la organización y la demanda proyectada por los clientes.
- Se recomienda seguir paso a paso el plan de mantenimiento propuesto, esto con el fin de evitar paros en el proceso y pérdidas de dinero importante. Es importante tener una persona

encargada del proceso que esté verificando que se realicen los mantenimientos no sólo en el tiempo establecido, sino que también se realice de manera correcta, además, se deben de identificar oportunidades de mejora en el proceso.

- Se debe de realizar capacitación periódica a los operarios con el fin de mantenerlos actualizados en el tema de mantenimiento autónomo. Se recomienda en estas sesiones escuchar a los colaboradores con el fin de conocer oportunidades de mejora ya que ellos son quienes utilizan más tiempo las máquinas y pueden identificar aspectos que puedan estar fallando.
- Se recomienda seguir la propuesta tal y como se indica, esto con el fin de establecer correctamente los tiempos de implementación y el orden de las actividades. Además, posteriormente se deben de seguir todas las herramientas propuestas con el objetivo de poder dar control y seguimiento a las actividades de mantenimiento establecidas. Se debe de indicar siempre en cualquier actividad a la persona responsable de la misma, esto para poder dar seguimiento al cumplimiento.
- Dado que actualmente no existe una métrica de cumplimiento de la propuesta, se recomienda que el mismo sea igual o superior al 90% de las veces que se debe de realizar.
- Se recomienda actualizar el proceso actual de la máquina multi para que el mismo contemple dentro del cambio de los rollos también la limpieza de la máquina ya que actualmente esto no está contemplado. Además, es importante crear una guía para el proceso de mantenimiento autónomo para que este pueda ser consultado por los operarios en caso de tener dudas sobre el mismo.

CAPÍTULO VI PROPUESTA

La eficiencia y la calidad del trabajo en la empresa están estrechamente relacionadas con el mantenimiento adecuado de los equipos y la competencia de los operarios que los utilizan. Con el objetivo de mejorar estos aspectos, se propone la implementación de un cronograma de limpieza y la realización de capacitaciones para los operarios de la máquina multi. Esta propuesta tiene como objetivo principal mejorar el rendimiento de las operaciones y garantizar la durabilidad de los equipos.

Propuesta

En esta propuesta se establece un cronograma de mantenimiento regular para la máquina multi, que incluya tareas específicas y frecuencia de ejecución. Además, se debe de capacitar a los operarios en tareas básicas de mantenimiento y operación de la máquina multi, con la asistencia de ingenieros y técnicos especializados. Todo esto con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa, reducir el tiempo de inactividad y minimizar el riesgo de averías mediante un mantenimiento preventivo adecuado.

Respecto a la elaboración del cronograma de mantenimiento las actividades a seguir son las siguientes:

- Identificar las áreas críticas de la máquina multi que requieren mantenimiento de manera regular.
- Definir la frecuencia de limpieza para cada área, teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante y las necesidades específicas de la operación.
- Designar responsables de ejecutar las tareas de limpieza según el cronograma establecido.
- Documentar el cronograma de limpieza y distribuirlo entre el personal pertinente.

Dicho cronograma debe de ser completado cada vez que se realice el mantenimiento a la máquina. Es importante mencionar que las fechas, tiempos y responsables son establecidos previamente por los ingenieros y que las firmas deben de ser colocadas por el operario que es responsable de realizar las mismas. La propuesta de cronograma se muestra en el Tabla 12.

Tabla 15 Cronograma de mantenimiento

Fecha	Hora de inicio	Hora de fin	Responsable	Firma	Observaciones

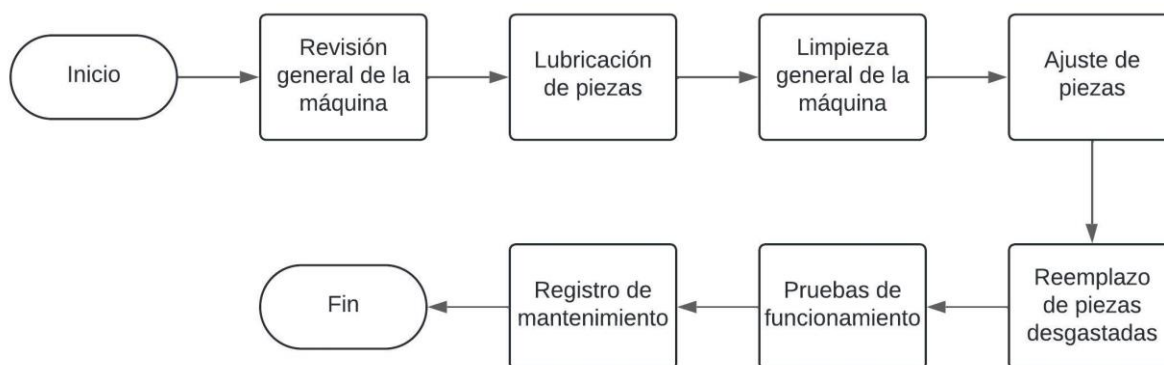
Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Respecto al proceso de capacitación las actividades a ejecutar son las siguientes:

- Coordinar sesiones de capacitación dirigidas por ingenieros y técnicos especializados en la máquina multi.
- Diseñar un programa de capacitación que cubra aspectos básicos de operación, mantenimiento y resolución de problemas comunes.
- Impartir sesiones prácticas donde los operarios puedan familiarizarse con los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Proporcionar material didáctico y recursos de referencia para apoyar el aprendizaje continuo de los operarios.
- Crear un guía para la toma de decisiones en caso de que los operarios tengan dudas al momento de realizar el procedimiento.

De acuerdo con lo mostrado anteriormente, para aplicar el plan de mantenimiento es importante considerar que estos mantenimientos se van a realizar durante los sets up de la máquina con el fin de no detener la producción de la misma. Además, a continuación, se muestra un diagrama de flujo de la implementación del mismo:

Figura 37 Diagrama de flujo del mantenimiento



Una vez que se aplica tanto la capacitación como el mantenimiento a las máquinas es importante dar control al proceso por medio de indicadores y otros aspectos los cuales se detallan a continuación:

- Establecer KPI de seguimiento para garantizar la adherencia al cronograma de mantenimiento y la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la capacitación.
- Este KPI debe relacionarse con el porcentaje de cumplimiento de acuerdo con lo planificado por los ingenieros.
- Realizar evaluaciones periódicas del desempeño de los operarios en relación con el mantenimiento de la máquina multi y su capacidad para identificar y solucionar problemas.
- Recopilar retroalimentación del personal involucrado para identificar áreas de mejora y ajustar el programa de capacitación según sea necesario.

Por otra parte, los beneficios de esta propuesta son los siguientes:

- Reducción de tiempos de inactividad debido a fallos de la máquina multi.
- Mejora en la calidad del producto final al garantizar un funcionamiento óptimo de la maquinaria.
- Incremento de la vida útil de la máquina multi gracias a un mantenimiento preventivo adecuado.
- Aumento de la satisfacción y la confianza del personal al sentirse capacitado y respaldado en sus funciones.

Análisis Económico

El análisis económico de los paros en una máquina multi es un proceso crucial para entender las implicaciones financieras y operativas de las interrupciones en la producción industrial. Esta máquina es un elemento clave en la organización, y los paros pueden derivarse de una variedad de causas, desde fallos mecánicos hasta problemas de suministro. Este análisis implica evaluar los costos directos, como el tiempo de inactividad y los gastos de reparación, así como los costos indirectos, como la pérdida de ingresos y el impacto en la reputación de la empresa.

Además, busca identificar estrategias para mitigar estos impactos, como la implementación de programas de mantenimiento preventivo y la diversificación de proveedores. El análisis económico proporciona información crucial para la toma de decisiones informadas y la gestión efectiva de las operaciones industriales, maximizando la eficiencia y la rentabilidad a largo plazo.

Pérdidas económicas por paros de la máquina

Se ha identificado que los paros de las máquinas se dan aproximadamente 2 veces por turno y el tiempo de paros es variable. Para determinar el tiempo normal se realiza una toma de tiempos de 20 muestras y se determina el promedio de tiempo en que pasa una máquina detenida en cada uno de los paros. Los datos y el promedio obtenido se muestran en la Tabla 13.

Tabla 16 Tiempos de paro

Muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Promedio (min)
Tiempo (min)	69	54	74	50	75	54	73	53	70	59	71	55	70	53	58	64	74	62	67	67	63,6

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Dado que el tiempo promedio en que dura una máquina detenida es de aproximadamente 63,6 minutos (1.06 horas) se puede proceder a realizar una serie de cálculos para conocer las pérdidas en cada uno de los paros. Además, se sabe por mediciones previas en la organización que la máquina multi genera aproximadamente 15000 piezas por hora y que el costo por cada una de las piezas no producidas es de ₡2500. Es importante mencionar que la empresa trabaja 3 turnos y que los paros se dan 2 veces por turno. La siguiente tabla muestra el costo asociado diario por los paros.

Tabla 17 Costos por paros

Tiempo por paro (h)	1,06
Paros por turno	2
Turnos	3
Tiempo total paros (h)	6,36
Piezas producidas por hora	15000
Pérdida por piezas no producida	₡ 2.500
Tiempo total paros (h)	6,36
Costo por piezas no producidas	₡ 2.385.000
Salario operario (h)	₡ 1.800
Salario del técnico (h)	₡ 3.500
Tiempo total paros (h)	6,36
Costo en salarios	₡ 33.708

Costo por piezas no producidas	₡ 238.500.000
Costo en salarios	₡ 33.708
Costo total (diario)	₡ 2.418.708

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

De acuerdo con los cálculos realizados anteriormente debido a los paros la empresa está perdiendo diariamente ₡238.533.708, lo cual se debe a la gran cantidad de piezas que no están produciendo diariamente y que no pueden entregar a los clientes. Este costo se da especialmente por la no producción, sin embargo, existe tiempo que se paga a los operarios en el momento en que la maquina se detiene.

Con la capacitación y el mantenimiento autónomo se pretende que los operarios den mantenimiento a las máquinas, y, por tanto, se eliminen por completo estos paros inesperados en las máquinas por lo que la empresa podría cumplir con la demanda programada y evitaría esas pérdidas millonarias

Costo de la capacitación

Los costos de capacitación se refieren a los gastos asociados con el desarrollo de habilidades y conocimientos de los empleados en una organización. En este caso de tres operarios, un técnico y un ingeniero, estos costos incluyen la creación de programas de capacitación adaptados a las funciones específicas de los operarios, el tiempo dedicado por los empleados y supervisores a la capacitación.

Los costos de productividad no se verán involucrados debido a que se espera dar estas capacitaciones fuera de tiempo productivo por lo que en ese momento se espera que la máquina no se detenga. Además, no es necesaria la adquisición de materiales y equipos necesarios para la formación ya que se cuenta con todos los necesarios.

De acuerdo con los análisis realizados se ha determinado que la duración aproximada es de 17 días laborales de 8 horas cada día. Esto dividido en actividades realizadas por técnicos, ingenieros y los operarios, en donde estos últimos son los que van a recibir las charlas. La descripción de los costos asociados a la capacitación es la siguiente:

Tabla 18 Investigación sobre mantenimiento autónomo y lectura del manual de la máquina

	Salario (hora)	Horas por día	Días dedicados	Costo	Cargas sociales (51%)	Costo total
Técnico	₡3.500	8	1,5	₡42.000	₡21.420	₡63.420
Ingeniero	₡5.500	8	1,5	₡66.000	₡33.660	₡99.660
Costo total						₡163.080

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

La tabla anterior muestra el costo asociado a la investigación que debe de realizar el técnico y el ingeniero sobre el mantenimiento autónomo, para conocer en que consiste este y como puede ser aplicado en la organización. Además, se debe de realizar la lectura del manual de la máquina con la que se pretende trabajar, este costo es de ₡124.200.

Tabla 19 Preparación de la presentación

	Salario (hora)	Horas por día	Días dedicados	Costo	Cargas sociales (51%)	Costo total
Ingeniero	₡5.500	6	1	₡33.000	₡16.830	₡49.830
Costo total						₡49.830

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Tabla 20 Preparación del taller práctico

	Salario (hora)	Horas por día	Días dedicados	Costo	Cargas sociales (51%)	Costo total
Técnico	₡3.500	8	1	₡28.000	₡14.280	₡42.280
Ingeniero	₡5.500	8	1	₡44.000	₡22.440	₡66.440
Costo total						₡108.720

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Tabla 21 Preparación de la supervisión

	Salario (hora)	Horas por día	Días dedicados	Costo	Cargas sociales (51%)	Costo total
Supervisor	¢5.500	6	1	¢33.000	¢16.830	¢49.830
Costo total						¢49.830

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Las tablas 19,20 y 21 muestran el costo de preparar la presentación para la capacitación por parte del ingeniero y el supervisor del proceso, los cuales dedicarían 6 horas y la preparación del taller práctico en el que trabajarán en conjunto tanto el técnico como el ingeniero y supervisor. Los costos asociados por ambas actividades son de ¢37.950 y ¢82.800 respectivamente.

Tabla 22 Costo de las herramientas

Descripción	Cantidad	Costo unidad	Costo + IVA (13%)	Costo total
Martillo	3	¢ 4.500	¢ 1.755	¢ 15.255
Paño	9	¢ 500	¢ 585	¢ 5.085
Alicate	3	¢ 7.650	¢ 2.984	¢ 25.934
Cortadora	3	¢ 6.950	¢ 2.711	¢ 23.561
Cable	10	¢ 500	¢ 650	¢ 5.650
Desatornillador Phillips	6	¢ 2.395	¢ 1.868	¢ 16.238
Desatornillador plano	6	¢ 2.395	¢ 1.868	¢ 16.238
Voltímetro	3	¢ 30.950	¢ 12.071	¢ 104.921
Cinta Métrica	3	¢ 5.000	¢ 1.950	¢ 16.950
Alicate de presión	3	¢ 6.995	¢ 2.728	¢ 23.713
Llave francesa	3	¢ 7.495	¢ 2.923	¢ 25.408
Llaves fijas	30	¢ 2.000	¢ 7.800	¢ 67.800
Costo total				¢ 346.752

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Para poder ejecutar correctamente la propuesta es indispensable que cada técnico cuente con su respectiva caja de herramientas, por lo que en la tabla 18 se muestra el costo asociado a las herramientas el cual se determinó de acuerdo a la página web de la ferretería EPA en Costa Rica. El costo final por las 3 cajas de herramientas es de ¢ 346.752.

Tabla 23 Preparación de métricas KPI's

	Salario (hora)	Horas por día	Días dedicados	Costo	Cargas sociales (51%)	Costo total
Técnico	¢3.500	8	1	¢28.000	¢14.280	¢42.280
Ingeniero	¢5.500	8	1	¢44.000	¢22.440	¢66.440
Costo total						¢108.720

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Tanto el técnico como el ingeniero deben de trabajar en conjunto para crear las métricas a evaluar, esto tiene un costo de ¢82.800, por un día de trabajo de cada uno.

Tabla 24 Programación de la productividad

	Salario (hora)	Horas por día	Días dedicados	Costo	Cargas sociales (51%)	Costo total
Ingeniero	¢5.500	8	1	¢44.000	¢22.440	¢66.440
Costo total						¢66.440

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Tabla 25 Ensayo de capacitación

	Salario (hora)	Horas por día	Días dedicados	Costo	Cargas sociales (51%)	Costo total
Técnico	¢3.500	8	1	¢28.000	¢14.280	¢42.280
Ingeniero	¢5.500	8	1	¢44.000	¢22.440	¢66.440
Costo total						¢108.720

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Antes de realizar la capacitación de debe de realizar una programación de la productividad por parte del ingeniero, la cual tiene un costo de ¢50.600, como se muestra en la tabla 20. Por otra parte, se debe de realizar un ensayo previo a la capacitación, el cual tiene un costo de ¢82.800, tal y como se muestra en la tabla 21.

Tabla 26 Capacitación teórica y practica

	Salario (hora)	Horas por día	Días dedicados	Costo	Cargas sociales (51%)	Costo total
--	-------------------	------------------	-------------------	-------	--------------------------	-------------

Operarios (3)	₡1.800	8	4	₡172.800	₡88.128	₡260.928
Técnico	₡3.500	8	4	₡112.000	₡57.120	₡169.120
Ingeniero	₡5.500	8	4	₡176.000	₡89.760	₡265.760
Costo total						₡695.808

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

La capacitación tiene una duración de 4 días en donde se ve material práctico y teórico, el cual tiene una duración de 4 días en donde participan los 3 operarios, el técnico y el ingeniero. El costo total por este proceso de capacitación es de ₡529.920.

Tabla 27 Realización de cronograma

	Salario (hora)	Horas por día	Días dedicados	Costo	Cargas sociales (51%)	Costo total
Ingeniero	₡5.500	8	0,5	₡22.000	₡11.220	₡33.220
Costo total						₡33.220

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Tabla 28 Costo de cronograma

Descripción	Cantidad	Costo unidad	Costo + IVA (13%)	Costo total
Impresiones	3	₡ 50	₡ 20	₡ 170
Copias	3	₡ 20	₡ 8	₡ 68
Lapiceros	3	₡ 200	₡ 78	₡ 678
Empastado	3	₡ 2.500	₡ 975	₡ 3.475
Costo total				₡ 4.390

Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

Una vez realizada la capacitación, el ingeniero debe de encargarse de realizar el cronograma con los tiempos de mantenimiento, responsables y demás, para lo cual dedica medio día de trabajo con un costo de ₡25.300. Además, ese cronograma tiene un costo el cual se muestra en la tabla 24 y es de ₡4.390.

Tabla 29 Análisis de indicadores

	Salario (hora)	Horas por día	Días dedicados	Costo	Cargas sociales (51%)	Costo total
Ingeniero	₡5.500	8	0,5	₡22.000	₡11.220	₡33.220

Costo total**¢33.220****Nota: Portugu  ez Meoño Jenniffer (2023)**

Por último, una vez que se implementa el programa de capacitación el ingeniero debe de analizar los indicadores, para lo cual dedica medio día de trabajo el cual tiene un costo de ¢25.300.

Tomando en consideración que el costo de cada día por paros ronda los ¢2.418.708 y que el costo total de capacitación es de ¢2.885.972 se procede a realizar el cálculo del ROI para conocer en cuanto tiempo esa inversión retorna a la empresa. La información se muestra a continuación:

$$ROI: \frac{|Ingresos - inversión|}{inversión} \times 100\%$$

$$ROI: \frac{|2.418.708 - 2.885.972|}{2.885.972} \times 100\% = 16.17\%$$

De acuerdo con lo anterior debido a las pérdidas que está teniendo la organización, esa inversión puede recuperarse en una tasa del 16.17%. Por tanto, se puede decir que para la empresa es rentable realizar la inversión en el programa de capacitación.

De acuerdo con lo anterior se procede a realizar una línea de tiempo para conocer el tiempo de recuperación de la inversión. Es importante mencionar que la inversión sólo se da una vez y que por día el beneficio es de ¢2.418.708, por lo que se muestra a continuación el periodo de recuperación:

Figura 38 Línea de tiempo de recuperación

	DÍA 18	DÍA 19	DÍA 20
Egresos	(¢2.885.972)	¢49.830	¢49.830
Ingresos		¢2.418.708	¢2.418.708
Balance	(¢2.935.802)	-(¢566.924)	¢1.801.924

Nota: Portugu  ez Meoño Jenniffer (2023)

Debido al elevado incremento de productividad en la máquina multi derivado del presente proyecto, la inversión necesaria se recupera en 1 día, 6 horas y 7 minutos; posteriormente, generar  

beneficios promedio de ₡1.801.924. Esto indica que el proyecto ha sido altamente exitoso en términos económicos, debido a la enorme producción que genera la maquina multi.

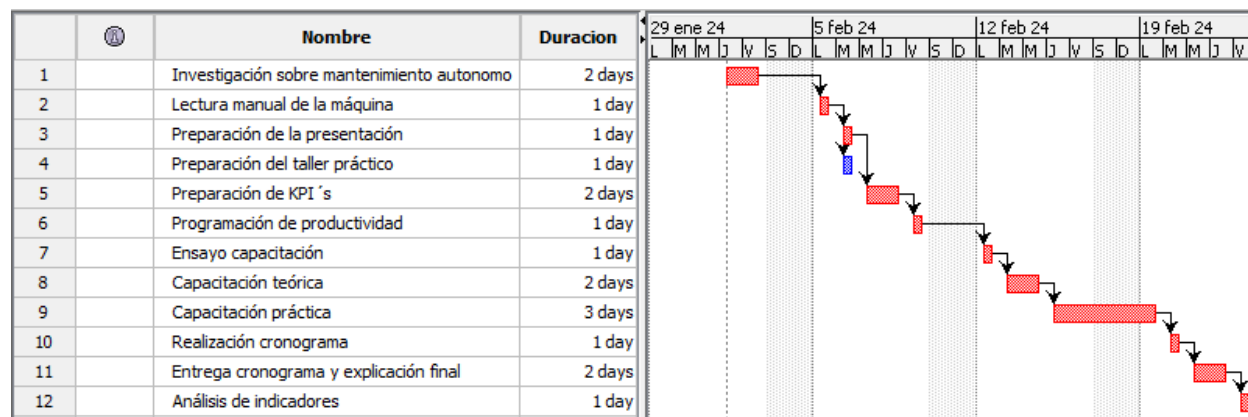
En cuanto a los resultados obtenidos se puede analizar y dar respuesta a la siguiente pregunta ¿el proyecto es rentable? Según los datos proporcionados para el cálculo, se concluye que el proyecto es rentable.

Para finalizar es importante mencionar que el mantenimiento preventivo es constante y se espera que una vez implementado los operarios inviertan 1 hora diaria aproximadamente, lo que conlleva un costo fijo por hora de ₡1.800.

Plan de Implementación

El siguiente plan muestra las actividades para la implementación del mantenimiento incluyendo el proceso de capacitación. Dichas actividades se muestran en la siguiente tabla, la cuales se encuentran por día:

Figura 39 Plan de implementación



Nota: Portugués Meoño Jenniffer (2023)

- Investigación sobre mantenimiento autónomo: Antes de implementar el mantenimiento autónomo, es crucial comprender en qué consiste y cómo se aplica a la maquinaria en cuestión. Esto implica investigar las mejores prácticas, estudiar casos de éxito y comprender los beneficios del mantenimiento autónomo.
- Lectura manual de la máquina: Es importante que el personal encargado de la implementación y el mantenimiento autónomo esté completamente familiarizado con el

funcionamiento y los detalles técnicos de la máquina. La lectura del manual proporciona esta información básica.

- Preparación de la presentación: Se refiere a la preparación de material didáctico y de presentación para explicar los conceptos y objetivos del mantenimiento autónomo a quienes participarán en el proceso.
- Preparación del taller práctico: Además de la teoría, es esencial proporcionar oportunidades prácticas para que los trabajadores se familiaricen con las tareas de mantenimiento autónomo. Esto implica la preparación de un espacio adecuado y los materiales necesarios para llevar a cabo ejercicios prácticos.
- Preparación de KPI's (Indicadores Clave de Desempeño): Los KPIs son métricas que permiten medir el desempeño y el éxito del mantenimiento autónomo. La preparación de los KPIs implica identificar qué aspectos del proceso se medirán y cómo se recopilarán los datos.
- Programación de productividad: Consiste en establecer un plan para mejorar la productividad mediante la implementación del mantenimiento autónomo. Esto implica definir objetivos de mejora y establecer un plan de acción para alcanzarlos.
- Ensayo de capacitación: Antes de llevar a cabo la capacitación completa, es útil realizar un ensayo para identificar posibles áreas de mejora y asegurarse de que todos los aspectos del programa estén bien preparados.
- Capacitación teórica y práctica: Implica impartir sesiones de capacitación donde se cubran los aspectos teóricos y prácticos del mantenimiento autónomo. Esto puede incluir la enseñanza de técnicas específicas, el uso de herramientas y la identificación de problemas comunes.
- Realización del cronograma: Una vez que se han completado todas las etapas de preparación y capacitación, se establece un cronograma para implementar el mantenimiento autónomo en la máquina.
- Entrega del cronograma y explicación final: Se entrega el cronograma finalizado a todos los involucrados, junto con una explicación detallada de cómo se llevará a cabo la implementación y cuáles son los roles y responsabilidades de cada persona.

- **Análisis de indicadores:** Después de que el mantenimiento autónomo esté en funcionamiento, se realiza un seguimiento y análisis de los indicadores de desempeño para evaluar la efectividad del programa y realizar ajustes si es necesario.

APÉNDICES

Apéndice 1 Cuestionario

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Como parte del Trabajo Final de Graduación titulado “Propuesta de mantenimiento preventivo para la máquina multi en la empresa Coloplast” le presento este cuestionario que tiene como objetivo analizar la problemática de los paros y deficiencias en la producción de las máquinas generadoras de Múltis. Su participación es fundamental para la identificación de las causas y posibles soluciones en la gestión de mantenimiento.

Sus respuestas serán confidenciales y se utilizarán únicamente con fines de investigación académica. No se identificará a ningún participante de forma individual en los resultados y análisis. Les agradezco que respondan con sinceridad y basándose en su experiencia personal.

El cuestionario consta de varias secciones que abarcan diferentes aspectos relacionados con los paros y las deficiencias en la producción. Por favor responda todas las preguntas de manera

completa y precisa. Si alguna pregunta no es aplicable a su experiencia o no tiene la información necesaria, puede dejarla en blanco.

Agradezco su tiempo y disposición para completar este cuestionario. Sus respuestas serán de gran valor para el desarrollo de estrategias de mejora en la gestión de mantenimiento y la productividad de la empresa.

¡Muchas gracias por su participación!

Sección 1: Datos de identificación

1.1 Nombre del funcionario (Opcional):

1.2 Departamento:

1.3 Función (es):

Sección 2: Problemática de paros y deficiencia en la productividad

2.1 ¿Con qué frecuencia ocurren paros no programados en las máquinas generadoras de Múltis por semana?

() 1-5 veces

() 6-10 veces

() 11-15 veces

() Más de 15 veces

2.2 ¿Cuánto tiempo se pierde aproximadamente debido a los paros en las máquinas generadoras de Múltis?

() 1-5 minutos

() 6-15 minutos

() 16-30 minutos

() Más de 30 minutos

2.3 ¿Cuáles son las principales causas de los paros en las máquinas generadoras de Múltis?

() Problemas de limpieza

() Desconocimiento en el uso

() Desperfectos de la maquinaria

() Otros, por favor especifique _____

2.4 ¿Cuál considera que es el impacto de los paros en la productividad de la empresa?

() Muy alto

() Alto

() Moderado

() Bajo

() Nulo

Sección 3: Causas de los paros y deficiencias en la producción

3.1 Según su experiencia, ¿cuáles son las principales causas de los paros y las deficiencias en la producción de las máquinas generadoras de Múltis?

3.2 ¿Conoce alguna estrategia o metodología específica utilizada para identificar y abordar las causas de los paros y las deficiencias en la producción?

3.3 ¿Qué acciones conoce usted que se han tomado para prevenir los paros y las deficiencias en la producción en el pasado? ¿Considera que han sido efectivas?

Sección 4: Sugerencias y comentarios adicionales

4.1 ¿Tiene alguna sugerencia o recomendación para mejorar la gestión de mantenimiento y reducir los paros en las máquinas generadoras de Múltis?

4.2 ¿Hay algún otro comentario o información adicional que le gustaría compartir en relación con la problemática de los paros y las deficiencias en la producción?

Apéndice 2 Entrevista

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Como parte del Trabajo Final de Graduación titulado “Propuesta de mantenimiento preventivo para la máquina multi en la empresa Coloplast” se lleva a cabo esta entrevista con el objetivo de analizar la problemática de los paros y deficiencias en la producción de las máquinas generadoras de Múltis. Su participación es fundamental para la identificación de las causas y posibles soluciones en la gestión de mantenimiento.

Sus respuestas se utilizarán únicamente con fines de investigación académica. Si está de acuerdo en participar, le agradezco que me brinde su consentimiento verbal para continuar con la entrevista. Agradezco su tiempo y disposición.

1. ¿Cuál es su rol y responsabilidad dentro de la empresa?
2. ¿Tiene conocimiento sobre los paros y deficiencias en la productividad de las máquinas generadoras de Múltis?

3. ¿Cuál es su responsabilidad en relación con la producción y el mantenimiento de las máquinas generadoras de Múltis?
4. Según su experiencia, ¿cuáles son las principales causas de los paros y deficiencias en la productividad de las máquinas generadoras de Múltis?
5. ¿Cómo se registran y gestionan actualmente los paros de las máquinas? ¿Existe un sistema de seguimiento o registro de los paros y sus causas? De ser así ¿Quién es la persona encargada de darle seguimiento?
6. ¿Cuál considera que es el impacto de los paros en la productividad de la empresa? ¿Se han realizado análisis o mediciones específicas al respecto?
7. ¿Existen medidas o acciones implementadas para reducir los paros y mejorar la productividad? Si es así, ¿podría describir brevemente cuáles son?
8. ¿Cuenta la empresa con un plan de mantenimiento preventivo o predictivo para las máquinas generadoras de Múltis? En caso afirmativo, ¿cómo se lleva a cabo su ejecución y seguimiento? En caso negativo, ¿considera importante contar con este instrumento?
9. ¿Considera que la capacitación y el entrenamiento del personal que opera las máquinas son adecuados para prevenir paros y maximizar la productividad? ¿Qué sugerencias podría dar al respecto?
10. ¿Ha considerado la implementación de alguna metodología o herramienta específica, como la metodología 5S u otra, para mejorar la gestión de mantenimiento y reducir los paros?
11. ¿Tiene alguna otra sugerencia o comentario relevante sobre la problemática de paros y deficiencia en la productividad de las máquinas generadoras de Múltis?

Apéndice 3 Matriz de Observación

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Aspectos a observar	Indicadores de observación	Método de registro	Frecuencia de observación
Causas de los paros	Tipo de avería	Registro de incidencias	Continua
	Duración del paro	Registro de tiempo	Continua
	Equipo o componente afectado	Registro de incidencias	Continua
Productividad durante los paros	Número de productos producidos	Registro de producción	Por turno / día / semana
	Tiempo perdido por paros	Registro de tiempo	Por turno / día / semana
Calidad de los productos	Porcentaje de productos defectuosos	Registro de control de calidad	Continua

Medidas de mejora	Tipo de defectos más frecuentes	Registro de incidencias	Continúa
	Causas de los defectos	Registro de incidencias	Continúa
	Acciones implementadas para reducir paros	Registro de acciones	Continúa
	Resultados de las acciones implementadas	Registro de resultado	Continúa

Apéndice 4 Matriz de Análisis Documental

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Documento / Registro	Fecha	Fuente	Observaciones
Informes de mantenimiento		Departamento de	

Documento / Registro	Fecha	Fuente	Observaciones
Registros de producción		Departamento de	

Documento / Registro	Fecha	Fuente	Observaciones
Registros de control de calidad		Departamento de	

Documento / Registro	Fecha	Fuente	Observaciones
Planes de mantenimiento		Departamento de	

Documento / Registro	Fecha	Fuente	Observaciones
Procedimientos de operación		Departamento de	

Documento / Registro	Fecha	Fuente	Observaciones
Bitácoras de producción		Departamento de	

REFERENCIAS

- Alcázar y Carbajal. (2019). *Implementación del plan de mantenimiento autónomo para mejorar la disponibilidad de los equipos en una industria gráfica*. [Título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad César Vallejo, Perú].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53275/alcazar_bw-sd.pdf?sequence=1
- Boero, C. (2020). *Mantenimiento Industrial*. (primera ed). Jorge Sarmiento Editor – Universitas.
<https://elibro.net/es/lc/bibliotecauam/titulos/172523>
- Burgasí, D. et al. (2021). *El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años*: Revista electrónica TAMBARA. 14(84), pp. 1212-1230. ISSN 2588-0977. https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf
- Barrantes, R. (2016) *Investigación: un camino al conocimiento*. (primera ed). Universidad Estatal a Distancia.
https://sec6beb2e224aad69.jimcontent.com/download/version/1472044734/module/8423476870/name/libro_investigacion_camino_conocimiento_barrantes.pdf
- Canahua, N. (2021). *Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa*

- metalmecánica: Revista Industrial Data*, 24(1), pp. 49-62. ISSN: 1810-9993.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/idata/v24n1/1810-9993-idata-24-01-49.pdf>
- Castillo, A. Fernández, L. y Reséndiz, L. (2018). *Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas*: *Revista de Ingeniería Industrial*, 2(4), pp. 29-35. ISSN 2523-0344.
https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/revista_de_ingenieria_industrial/vol2num4/revista_de_ingenier%c3%ada_industrial_v2_n4_4.pdf
- Campos, O. et al. (2019) *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos*: *Revista Científica*, 23(1), pp. 51-59. ISSN: 1665-0654.
https://www.cientifica.esimez.ipn.mx/manuscritos/V23N1_051_059.pdf
- Consuegra, M. (2015). *Metodología AMFE como herramienta de gestión de riesgo en un hospital universitario*: *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 11(20), pp.37-49. ISSN: 1900-5016. <https://www.redalyc.org/pdf/4096/409640743004.pdf>
- Contreras, F. (2018). *Implementación del sistema de indicadores de productividad oee (eficiencia global de equipos) en planta metálico rheem Chile*. [Título de Ingeniería Industrial, Universidad Andrés Bello, Chile]. <https://core.ac.uk/download/pdf/288898792.pdf>
- Delgado, D. et al. (2021). *El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años*: *Revista electrónica TAMBARA*, 1(84), pp. 1212-1230. ISSN 2588-0977. https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/diagrama-ishikawa_final-pdf.pdf
- Díaz, C. et al. (2020) *Efectividad general de equipos (oee) ajustado por costos* 45(3), pp. 158-163. <https://www.redalyc.org/journal/339/33962773006/html/>
- Espejo, L. (2019). *Plan de mejoramiento del proceso de producción y gestión operativa para Nacional de Cortes S.A.S.* [Título de Ingeniería Industrial de licenciatura, Universitaria Politécnico Grancolombiano, Colombia].

- <https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/1630/plan%20de%20mejoramiento%20del%20proceso%20de%20produccion%20y%20gestion%20operativa%20nc.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Gallará, I y Pontelli, D. (2020). *Mantenimiento Industrial*. (primera ed). Jorge Sarmiento Editor – Universitas. <https://elibro.net/es/ereader/bibliotecauam/172527>
- Garay, A. y Maceda, C. (2020). *Aplicación de la metodología TPM para reducir los retrasos en los pedidos en una Empresa Fabricadora de Etiquetas*: Revista de Ciencias Empresariales, 1(4), pp. 57 -79. ISSN N° 2708-6992. <https://www.innovasciencesbusiness.org/index.php/isb/article/download/23/33>
- González, A. et al. (2016) *Implementación del OEE como herramienta de mejora continua aplicada a una línea de producción*: Revista de Docencia e Investigación Educativa, 2(6), pp. 1-7. <https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Docencia e Investigacion Educativa/vol2num6/Revista de Docencia e Investigacion Educativa V2 N6 1.pdf>
- González, J. Loyo, J. López, M. Pérez, P. y Cruz, A. (2018). *Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE*: revista Ingeniería Industrial. 1(3), pp. 209-225. <https://doi.org/10.22320/S07179103/2018.12>
- González, J. et, al (2020) *AMEF como herramienta de la Industria 4.0 en el mantenimiento Industrial*: Revista de la Ingeniería Industrial, 14(1), pp. 1-21. ISSN 1940-2163. <https://www.academiajournals.com/revista-ing-industrial>
- González, J. Quijada, J. López, M. Montoya, P. y Hernández, A. (2018). *Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE*: Revista Ingeniería Industrial. 17(3), pp. 1-13. <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3923/3685>
- González, J. Myer, Rick y Pachón, W. (2017) *La evaluación de los riesgos antrópicos en la seguridad corporativa: del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) a un modelo de evaluación integral del riesgo*: Revista Científica General José María Córdova, 15(19), pp. 269-289. <https://www.redalyc.org/pdf/4762/476255361012.pdf>

- Gonzales, J. Loyo, J. López, M. Pérez, P. y Cruz, A. (2018). *Mantenimiento industrial en máquinas*. *Revista de ingeniería industrial*: Revista Ingeniería Industrial, 1(3), pp. 209-225. ISSN Online 0718-8307.
<https://revistas.ubiobio.cl/index.php/ri/article/view/3923/3685>
- Hernández, C. et al. (2023). *Aplicación de la metodología 5S en un almacén para mejora en una industria azucarera*: Revista 593 digital Publisher CEIT, 8(1-1), pp. 317-327.
<https://doi.org/10.33386/593dp.2023.1-1.1640>
- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. (quinta ed). Editorial Interamericana editores S.A. <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- Herless, P. (2018). *Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en las cámaras frigoríficas para mejorar la productividad de la Empresa Newrest Inflight S.A.C., Callao, 2017*. [Título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad César Vallejo, Perú].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22945/poma_chc.pdf?sequence=1&isallowed=y
- Herrera, G. Morán, L. Gallardo, J. Silva, A. (2020). *Gestión del mantenimiento y la industria 4.0*: Revista de Ingeniería Innovativa. 1(15), pp. 18-28.
https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Innovativa/vol4num15/Revista_de_Ingenieria_Innovativa_V4_N15_2.pdf
- Imán, M. y Reque, J. (2020). *Gestión de mantenimiento para incrementar la eficiencia global de los equipos de la empresa TABLENORTE S.A.C. la victoria - sede principal*. [Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Señor de Sipán, Perú].
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7814/Im%C3%A1n%20Giles%2C%20Michael%20%26%20Reque%20Vel%C3%A1squez%2C%20Jhon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2022) *Guía para la elaboración de diagramas de flujo de los procesos institucionales*. (primera ed.),
[https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/21020/Gu%C3%ADa%20para%20la%](https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/21020/Gu%C3%ADa%20para%20la%20)

[20elaboraci%C3%B3n%20de%20diagramas%20de%20flujo%20de%20los%20procesos%20institucionales.pdf?sequence=5&isAllowed=y](#)

Jiménez, L. (2020). *Plan de implementación del método de las 5'S en el departamento de la trituración de agregados de la empresa constructora Hernan Solis SRL*. [Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Americana, Costa Rica]

Llontop, L. (2018). *Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el Área de Extracción de Jugo Trapiche para medir el Impacto de la Productividad de la Agroindustria Pomalca SAA*. [Académico de maestro en ingeniería industrial con mención en gestión de operaciones y logística, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1426>

López et al. (2017). *Mejora de procesos*: Revista Espacios. 39(6), p. 18. ISSN 0798 1015. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n06/a18v39n06p19.pdf>

Medrano, J. et. al. (2018) *Evolución y Taxonomía del mantenimiento*. (primera ed) Grupo Editorial Patria. <https://pdfcoffee.com/mantenimiento-tecnicas-y-aplicaciones-industriales-5-pdf-free.html>

Narváez, A, Molina, C. y Nieto, S (2021). *Diseño y estandarización piloto de la rutina de mantenimiento autónomo en línea de soplado krones*. Revista del Institución Universitaria Antonio José, 1-16. https://repositorio.uniajc.edu.co/bitstream/handle/uniajc/936/art%c3%adculo%20sapient%c3%ada_dise%c3%91o%20y%20estandarizaci%c3%93n%20piloto%20de%20la%20rutina%20de%20mantenimiento%20aut%c3%93nomo%20en%20l%c3%8dnea%20de%20soplado%20krones.pdf?sequence=3&isallowed=y

Paucar, P y Álvarez, M. (s.f). *Desarrollo e implementación de la metodología de mejora continua en una MYPE metalmecánica para mejorar la productividad*. (primera ed) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/337910/manual+5s.pdf?sequence=2>

- Pérez, F. (2021). *Conceptos generales de la gestión del mantenimiento Industrial*. (primera ed) Universidad Santo Tomas.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isallowed=y>
- Pérez, R. (2015). *Estudio para identificar y controlar las variables que afectan el rendimiento teórico de la pintura PPG poliéster base solvente en las instalaciones de Maresa Ensambladora*. [Título de ingeniero industrial y de procesos, Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador].
https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14407/1/61737_1.pdf
- Ramos, C. (2020). *Los alcances de una investigación*: Revista del Centro de investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos. 9(3). ISSN 1390-9592.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7746475.pdf>
- Rodríguez, F. (2018). *Propuesta para la implementación de un Modelo de Gestión de Mantenimiento en Tropical Paradise Fruits Company*. [Título de Ingeniero en Mantenimiento Industrial, Universidad Técnica Nacional de Costa Rica, Costa Rica].
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10459/propuesta_implementacio_modelo_gestion_mantenimiento_tropical_paradise_fruits_company.pdf?sequence=1
- Salau, L. (2018) *Diseño de un modelo de gestión por procesos para la empresa “productos alimenticios san salvador”, de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo*. [Título de ingeniería en contabilidad y auditoría, CPA, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Ecuador].
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/8906/1/82T00867.pdf>
- Torres, O. (2020). *Mejora de la eficiencia en el proceso de instalación de elevadores de la empresa Electro Céspedes S.A.* [Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Americana, Costa Rica].
- Valdez, G. (2018). *Propuesta de mejora en el proceso de despacho y distribución para la reducción de costos en una empresa distribuidora de lubricantes*. [Licenciatura en

Ingeniería Industrial, Universidad Católica San Paulo, Perú].
<https://core.ac.uk/reader/225490230>

Velázquez, S. et al (2020). *Mejoramiento de la productividad en la fabricación de grandes piezas de fundición*: Revista de la Alta Tecnología y Sociedad. 22. 12(1), 2020 ISSN 1940-2171.
<https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/5ffe0040c8d1613c16350436/1610481728906/04+VelazquezReyes+CML336+ATS+V12N1+22-29.pdf>