



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para el proceso industrial de extrusión en la empresa de INDUCUERDAS.

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniera Industrial

Autora:

Castillo Pulgar, Gabriela Francisca

Tutor:

Ing. Luis Stalin López Telenchana Mgs.

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Gabriela Francisca Castillo Pulgar, con cédula de ciudadanía 0604441618, autora del trabajo de investigación titulado: Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para el proceso industrial de extrusión en la empresa INDUCUERDAS, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autora de la obra referida será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 13 de enero 2025



Gabriela Francisca Castillo Pulgar

C.I: 0604441618

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Luis Stalin López Telenchana** catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para el proceso industrial de extrusión en la empresa de INDUCUERDAS, bajo la autoría de Gabriela Francisca Castillo Pulgar; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 13 días del mes de enero de 2025



Ing. Luis Stalin López Telenchana, Mgs
C.I: 1804229860
TUTOR

CERTIFICADOS DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

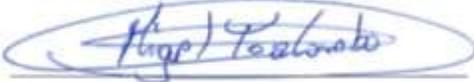
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para el proceso industrial de extrusión en la empresa de INDUCUERDAS, presentado por Gabriela Francisca Castillo Pulgar con cédula de identidad número 0604441618, bajo la tutoría del Ingeniero Luis Stalin López Telenchana Mgs; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autora; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, 13 de enero de 2025.

Ing. Vicente Soria.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Víctor Toalombo
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Mario Cabrera, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



CERTIFICADO ANTIPLAGIO

Que, **CASTILLO PULGAR GABRIELA FRANCISCA** con CC: **0604441618**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA INDUSTRIAL**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LA EMPRESA INDUCUERDAS**", cumple con el 6 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 19 de Diciembre de 2024.



Mgs.Luis López
TUTOR

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación quisiera dedicar a mis queridos padres Mónica de los Ángeles y Luis Eduardo quienes han sido mi guía principal en todo este proceso que con amor, motivación y apoyo diario he podido culminar.

A mis hermanos Gabriel Eduardo y Kevin Rafael quienes han sido mi mayor motor de inspiración por quienes he querido superarme todos los días, les dedico a ustedes por haber estado siempre conmigo.

A mis abuelitos Fanny Luzmila y Segundo Rafael quienes han estado pendientes desde el primer día, quienes me han acompañado en cada evento académico que he participado gracias por siempre estar para mí.

A mis compañeros de aula y a mis amigos por haber sido personas extraordinarias en este largo camino y no dejarme sola en ningún momento.

Por ultimo y no menos importante a mi hija de 4 patas Dulce, quien ha sido mi compañera de siempre, quien me acompañó en largas noches frías y de desvelo, largas horas de estudio, quien ha estado en mis buenos y malos momentos, gracias por ser mi motivación de todos los días te amo infinitamente.

Gabriela Francisca Castillo Pulgar

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primero a Dios por haberme dado la sabiduría necesaria y sus bendiciones a cada momento.

A la Universidad Nacional de Chimborazo por haber acogido y haberme formado profesionalmente dejándome valores, conocimientos valiosos y recuerdos imborrables.

Un agradecimiento especial al Ingeniero Luis López por haberme guiado durante esta investigación. Finalmente, a toda mi familia con quienes compartí experiencias de mi carrera universitaria y que con su apoyo y consejos me ayudaron a culminar una etapa importante de mi vida.

Gabriela Francisca Castillo Pulgar

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	
RESUMEN	
ABSTRACT	

CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	14
1.1 Planteamiento de problema.....	15
1.2 Objetivos.....	18
1.2.1 Objetivo general.....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	19
1.3 Justificación.....	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes de investigación	21
2.2 Direccionamiento estratégico de la empresa.....	25
2.2.1 Reseña de la empresa.....	25
2.2.2 Misión.....	26
2.2.3 Visión	26
2.2.4 Datos generales de la empresa	26
2.2.5 Ubicación de la empresa.....	26
2.3 Mantenimiento	27
2.3.1 Plan de Mantenimiento	27
2.3.2 Disponibilidad	28
2.3.3 Vida útil	28
2.3.4 Tiempo hasta el fallo	28
2.4 Gestión de Mantenimiento	28
2.4.1 Análisis de Criticidad	29
2.4.2 Eficiencia del mantenimiento.....	29
2.5 Máquina Extrusora	29
2.5.1 Pieza de transmisión	30
2.5.2 Dispositivo de alimentación.....	31

2.5.2.1	Tolva.....	31
2.5.3	Carga.....	32
2.5.3.1	Alimentación por gravedad.....	32
2.5.3.2	Alimentación obligatoria	32
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....		33
3.1	Tipo de Investigación.....	33
3.2	Diseño de Investigación.....	33
3.3	Técnica de recolección de datos.....	33
3.3.1	Fuentes primarias	34
3.3.2	Fuentes secundarias	34
3.3.3	Herramientas para la investigación	34
3.4	Población de estudio y tamaño de muestra.....	34
3.5	Hipótesis	35
3.6	Metodología de la investigación.....	35
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		37
4.1	Análisis, interpretación y representación de resultados.....	37
4.1.1.	Resultados del primer objetivo.....	37
4.3	Propuesta de solución	43
4.3.1	Fase 1. Definición de objetivos y estrategias.....	44
4.3.1.1	Misión de área de mantenimiento.....	44
4.3.1.2	Visión del área de mantenimiento.....	45
4.3.1.3	Objetivos estratégicos de mantenimiento	45
4.3.2	Fase 2. Jerarquizar equipos.....	45
4.3.3	Fase 3. Análisis de puntos débiles.....	50
4.3.4	Fase 4. Diseño del plan de mantenimiento.....	50
4.3.5	Fase 5. Programación del mantenimiento.....	53
4.3.5.1	Formato de plan de mantenimiento Máquina de extrusión-soplado.....	55
4.3.5.2	Formato de mantenimiento Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5.....	57
4.3.5.3	Formato de mantenimiento Compresor de baja KAESER –AS30.....	59
4.3.6	Fase 6. Evaluación y control de la ejecución del mantenimiento.....	61
4.3.7	Fase 7. Análisis del ciclo de vida.....	61
4.3.8	Fase 8. Implantación del proceso de mejora continua.....	62
4.4	Impactos alcanzados y esperados.....	62
4.3	Impactos esperados.....	63

4.4	Discusión	64
4.1.2.	Análisis financiero	64
	Mantenimiento preventivo general a los equipos de línea de extrusión- soplado anual.	64
	Compra e instalación de horómetros y contadores de ciclo \$ 400.000	64
4.6	Utilidad Esperada	65
4.7	Retorno de la Inversión.....	65
	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	67
	CONCLUSIONES	67
	RECOMENDACIONES	68
	BIBLIOGRAFÍA	69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Histórico de fallas	39
Tabla 2 Frecuencia de fallas del modelo CRT	46
Tabla 3 Consecuencia de falla del modelo CRT.....	47
Tabla 4 Actividades de mantenimiento Máquina de extrusión ASIA MACHINE.....	51
Tabla 5 Actividades de mantenimiento del Compresor de baja KAESER –AS30.....	52
Tabla 6 Formato de Plan de mantenimientos	54
Tabla 7 Formato de plan de mantenimiento Máquina de extrusión-soplado.....	55
Tabla 8 Formato de mantenimiento Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5.....	57
Tabla 9 Formato de mantenimiento Compresor de baja KAESER –AS30.....	59
Tabla 10 Costos de implementación.....	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica de Inducuerdas CIA Ltda.....	27
Figura 2 Indicador del control de tiempos muertos del periodo enero 2020 a diciembre de 2020.....	38
Figura 3 Indicadores de mantenimientos	41
Figura 4 Histórico de fallas	42
Figura 5 Modelo de Gestión de Mantenimiento (MGM).....	44
Figura 6 Matriz de criticidad modelo CTR	48
Figura 7 Matriz de criticidad línea extrusión soplado	49

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Logotipo actualizado de la empresa.....	26
--	----

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para el proceso de extrusión en la empresa INDUCUERDAS, con base en el análisis de la criticidad de los equipos de la línea de extrusión. Este sistema busca optimizar la disponibilidad de los equipos y reducir los riesgos de paros inesperados que afectan la productividad.

A partir del análisis de criticidad, se diseñó un plan de mantenimiento preventivo que integra tanto las recomendaciones de los fabricantes como las prácticas basadas en la experiencia del personal técnico de la empresa. Además, se establecieron rutinas de mantenimiento que permiten reducir la probabilidad de fallas y mejorar la fiabilidad operativa.

El diseño propuesto incluye la implementación de un sistema de monitoreo de criticidad, que facilita la priorización de los equipos según su impacto en la producción. Se evaluó también la capacidad del área técnica de mantenimiento, identificando la necesidad de formación y capacitación específica, especialmente por parte de los fabricantes de los equipos. En particular, se destacó la importancia de contar con personal capacitado para cubrir el turno nocturno, lo que disminuiría significativamente el riesgo de inhabilitar la línea y garantizaría una manipulación adecuada de los equipos.

El análisis económico del proyecto muestra una utilidad esperada de \$39,478 y un retorno sobre la inversión (ROI) de 2.74, lo que refleja la viabilidad económica del sistema propuesto. Asimismo, se establecieron los formatos de actividades de mantenimiento preventivo y se garantizó la disponibilidad de los repuestos necesarios para afrontar las fallas más recurrentes, lo que contribuye a una mayor eficiencia operativa.

En conclusión, el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en la criticidad de los equipos permite mejorar la disponibilidad de la línea de extrusión, reducir los paros no programados y optimizar los recursos humanos y materiales, lo que se traduce en un incremento significativo de la productividad y la rentabilidad para la empresa INDUCUERDAS.

Palabras claves: Sistema, gestión, mantenimiento, utilidad, retorno, inversión, productividad.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to design a preventive maintenance management system for the extrusion process in INDUCUERDAS based on an analysis of the criticality of the extrusion line equipment. This system seeks to optimize the equipment's availability and reduce the risks of unexpected stoppages that affect productivity.

Based on the criticality analysis, a preventive maintenance plan was designed that integrates manufacturer recommendations and practices based on the experience of the company's technical personnel. In addition, maintenance routines were established to reduce the probability of failures and improve operational reliability.

The proposed design includes implementing a critical monitoring system, which facilitates prioritizing equipment according to its impact on production. The capacity of the technical maintenance area was also evaluated, identifying the need for specific training and capacity building, mainly by equipment manufacturers. In particular, the importance of having trained personnel to cover the night shift was highlighted, which would significantly reduce the risk of turning off the line and ensure proper equipment handling.

The project's economic analysis shows an expected profit of \$39,478 and a return on investment (ROI) of 2.74, reflecting the proposed system's financial viability. In addition, the formats for preventive maintenance activities were established, and the availability of the necessary spare parts to deal with the most recurrent failures was guaranteed, which contributed to greater operating efficiency.

In conclusion, designing a preventive maintenance management system based on the equipment's criticality allows improving the extrusion line's availability, reducing unscheduled shutdowns, and optimizing human and material resources, which translates into a significant increase in productivity and profitability for the company INDUCUERDAS.

Keywords: System, management, maintenance, utility, return, investment, productivity.



Financiado por el documento por:
ANA ELIZABETH
MALDONADO LEON

Reviewed by:
Ms.C. Ana Maldonado León
ENGLISH PROFESSOR
C.I.0601975980

CAPÍTULO I. INTRODUCCION.

INDUCUERDAS CIA Ltda es una empresa que cuenta con distintas áreas de producción, entre las cuales se destacan el área de retorcido, de trenzado, de extrusión y de cableado. En la actualidad, se ha podido evidenciar algunos problemas de mantenimiento en el área de extrusión, mismos que impiden el funcionamiento adecuado de todo el sistema productivo de la empresa, esto debido principalmente a que no existe un sistema de gestión de mantenimiento bien definido para las máquinas extrusoras, que son los activos con mayor criticidad dentro del proceso de fabricación de cuerdas y cabos, lo que conlleva a elevar significativamente los costos de mantenimiento para esta área e incluso a jornadas extensa de mantenimiento en tareas que con una adecuada planificación pueden ser solucionadas rápidamente.

La extrusión es un proceso ampliamente utilizado en la fabricación de productos plásticos y requiere equipos y maquinaria especializada, misma que deben mantenerse en condiciones óptimas para evitar interrupciones no planificadas y reducir los costos asociados con reparaciones y reemplazos, implica una serie de pasos y consideraciones estratégicas para maximizar la vida útil de los equipos y minimizar los riesgos de fallas catastróficas, que conllevan a pérdidas de materia prima y pérdida de producto procesado.

El aporte a nivel industrial que muestra la presente investigación es el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para el proceso industrial de extrusión que combina el Diagrama Causa Efecto y el Análisis de Criticidad de la máquina ASIA MACHINE, haciendo este estudio novedoso pues combina herramientas de gestión de calidad de mantenimiento, con la finalidad de que este diseño se convierta en una herramienta que garantice la eficiencia operativa

del proceso, la reducción del desperdicio de materia prima, la calidad del producto terminado, evitar pérdidas por paradas imprevistas y tener un stock adecuado de herramientas y repuestos para las diversas intervenciones en el activo antes señalado.

1.1 Planteamiento de problema

La empresa INDUCUERDAS CIA Ltda es una organización dedicada a la producción y comercialización de cuerdas de Polipropileno que empezó su producción en el 2009, se encuentra ubicada en Langos Chico km 5 vía al cantón Guano. Cuenta con 28 personas que integran el equipo de trabajo y que se encuentran distribuidas en todas las áreas de la empresa. Es una organización que ofrece productos con valor agregado, lo que le ha permitido crecer a nivel nacional como una de las mayores empresas procesadoras de cabos y cuerdas en el país.

En la actualidad la empresa INDUCUERDAS CIA Ltda ha tenido inconvenientes en las entregas de sus productos finales, esto se ha generado principalmente por paradas no programadas en el área de extrusión, en donde todas las intervenciones de mantenimiento son de tipo mantenimiento correctivo de urgencia, lo que está provocando pérdida de materia prima, costos elevados por intervenciones de reparación de urgencia, retrasos en el cumplimiento de producción y una baja calidad en el productos terminado. Por tales motivos se plantea el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo que permita garantizar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad del área de extrusión, pues es el área con menor producción en la organización.

En una etapa previa al diseño del sistema de gestión de mantenimiento se empleó un Diagrama Causa Efecto en función del mantenimiento que se viene teniendo en la máquina ASIA MACHINE que es la que tiene mayor criticidad en el área de extrusión, diagrama que permitió tener en cuenta factores como la falta de stock de repuestos y la ausencia de una planificación de

mantenimiento, causas que son motivo también para diseñar un plan de mantenimiento como el que se propone en la presente investigación.

Las consecuencias de no tener un sistema de gestión de mantenimiento en una empresa se resumen en:

Deterioro de equipos: Sin un sistema de gestión de mantenimiento los equipos sufren un mayor desgaste y deterioro debido a la falta de inspecciones regulares, lubricación, y reparaciones preventivas.

Paradas no planificadas: La ausencia de un programa de mantenimiento preventivo puede llevar a paradas no planificadas de la producción debido a fallas inesperadas en maquinaria y equipos. Esto puede resultar en pérdidas de tiempo, productividad y recursos.

Aumento de costos de operación: La falta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo puede dar lugar a costos operativos más altos, ya que la reparación de equipos averiados generalmente es más costosa que la realización de mantenimiento preventivo.

Baja disponibilidad de equipos: La falta de mantenimiento puede reducir la disponibilidad de los equipos, lo que afecta directamente la capacidad de producción de la planta y, por lo tanto, la capacidad de cumplir con la demanda del mercado.

Seguridad comprometida: La falta de inspecciones y mantenimiento puede dar lugar a condiciones inseguras en la planta, aumentando el riesgo de accidentes laborales y lesiones.

Pérdida de calidad del producto: La falta de mantenimiento puede afectar la calidad de los productos fabricados, ya que equipos mal mantenidos pueden generar defectos en la producción.

(Rodríguez, 2023)

El diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para el proceso industrial de extrusión implica una serie de etapas clave para asegurar la efectividad y la eficiencia de los activos intervenidos y de toda la línea de producción de la organización, por lo que se han establecido tres etapas para solucionar el problema descrito anteriormente.

En una primera etapa se identificará los activos críticos, es decir, aquellos cuyo funcionamiento afecta significativamente la producción y la calidad del producto en el área de las extrusoras en la empresa de INDUCUERDAS CIA Ltda. Para cumplir con este proceso se levantará información referente a la estructura de los procesos de organización, elementos fundamentales de los procesos de extrusión, personal involucrado, métodos de trabajo a través de la recopilación de información escrita como bitácoras de producción, registros de mantenimiento, informes de producción relacionados con la obtención de productos de polipropileno, así como la documentación que existe en el área intervenida.

En una segunda etapa se realizará una evaluación del estado técnico, para identificar los posibles fallos y las consecuencias de estos en términos de seguridad, producción y costos. En esta etapa se clasificarán los riesgos según su impacto y probabilidad. Se desarrollará un plan de mantenimiento preventivo que establezca las tareas técnicas necesarias para cada activo. Además, se definirán las frecuencias y el alcance de las inspecciones, rutas de lubricación, calibraciones y otras actividades de mantenimiento. En esta etapa se establecerá un calendario en donde indique cuando se llevara a cabo las actividades preventivas y se coordinará las tareas que se deben ejecutar con las demás áreas, de esta manera se busca no interferir con la producción regular, aunque dependiendo de la tarea o trabajo no siempre que sea posible.

En una tercera etapa se diseñará el sistema de gestión de mantenimiento que cumpla con las regulaciones y normativas aplicables, incluyendo las relacionadas con la seguridad industrial y medio ambiente, sin dejar de lado los objetivos y metas de la organización, además de una evaluación integral de repuestos, insumos y stock en bodega necesarios para un control adecuado de costos por mantenimiento.

En definitiva, la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo mediante diagrama causa efecto para aumentar la disponibilidad del proceso industrial de extrusión en la empresa de INDUCUERDAS CIA Ltda., se convierte en una herramienta que permiten obtener un impacto positivo sobre la disponibilidad de los activos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo mediante diagrama causa efecto para aumentar la disponibilidad del proceso industrial de extrusión en la empresa de INDUCUERDAS CIA Ltda.

1.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la criticidad de las máquinas que componen el área de extrusión mediante análisis de criticidad para identificar los activos esenciales para el funcionamiento de esta área.
- Analizar el mantenimiento en el área de extrusión mediante diagramas de Ishikawa para estructurar las causas que provocan baja disponibilidad en la extrusión.
- Validar el diseño del sistema de gestión de mantenimiento mediante una comparación de tiempos de funcionamiento para verificar su impacto sobre la disponibilidad.

1.3 Justificación

El mantenimiento preventivo se refiere a las prácticas y acciones que se implementan para reducir la probabilidad de fallos y prolongar la vida útil de los equipos industriales. En el contexto de la extrusión, un proceso clave en la producción de sogas plásticas, la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo es esencial para garantizar la eficiencia, productividad y seguridad del proceso. La extrusión, como técnica de transformación de materiales plásticos, requiere de maquinaria especializada y operaciones continuas que, sin un adecuado mantenimiento, pueden sufrir desgastes, averías o paradas no programadas, lo que afecta directamente la productividad de la empresa en la empresa de INDUCUERDAS CIA Ltda debido a la criticidad de esta área vital dentro de la organización.

Desde el punto de vista teórico, la literatura sugiere que los sistemas de mantenimiento preventivo bien diseñados no solo prolongan la vida útil de los equipos, sino que también optimizan los costos operacionales a largo plazo, incrementan la disponibilidad de los recursos productivos y reducen tiempos muertos. Las teorías de gestión de mantenimiento (como el Modelo TPM - Mantenimiento Productivo Total) respaldan la importancia de la integración de estrategias

preventivas, que incluyen la planificación de inspecciones, lubricación, limpieza y reemplazo de piezas, como parte de un sistema más amplio de gestión de calidad en los procesos industriales.

En la empresa de INDUCUERDAS CIA Ltda. los equipos como las extrusoras, los sistemas de enfriamiento, las cortadoras y los moldes son fundamentales para el proceso de producción de sogas y cabos plásticos. Sin embargo, estos equipos están expuestos a un alto nivel de desgaste y a un uso continuo, lo que puede generar fallas inesperadas que detienen la producción y aumentan los costos operativos debido a la necesidad de reparaciones de emergencia y paradas no planificadas.

La implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo permite, en la práctica, anticiparse a estos problemas. A través de la programación de mantenimientos regulares, se pueden identificar y corregir fallas menores antes de que se conviertan en problemas graves, evitando así la parada inesperada de la línea de producción. Además, la automatización de los registros y la planificación del mantenimiento reduce el riesgo de errores humanos, mejora la trazabilidad de las intervenciones y permite una asignación más eficiente de los recursos.

Un sistema de mantenimiento preventivo también facilita la capacitación continua del personal, asegurando que se mantenga actualizado respecto a las mejores prácticas de mantenimiento y se optimicen las condiciones operativas de la maquinaria y como consecuencia una optimización de recursos que sin duda efectiviza el sistema de producción.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

En la revisión del estado del arte se pudo determinar investigaciones anteriores que tienen una relación directa con la investigación desarrollada, siendo las principales conjeturas las siguientes:

En el trabajo de investigación titulado “PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A SISTEMA EXTRUSOR DE ALUMINIO – SUTTON”, de Tumbaco (2017), tuvo como objetivo el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo que permita aumentar la confiabilidad del sistema de extrusión Sutton y a su vez reducir los tiempos empleados por mantenimientos no programados. El periodo empleado para el análisis comprende desde enero hasta octubre del 2016, obteniendo así información sobre las principales paralizaciones no programadas por mantenimiento correctivo que afectan de manera directa a la producción. Para el desarrollo de este trabajo se efectuó un estudio de la problemática mediante el uso de varias técnicas, entre ellas la matriz FODA, el Análisis de Criticidad, el Diagrama Causa – Efecto y el diagrama de Pareto, teniendo como resultado una jerarquización de los equipos que conforman el sistema en estudio. Debido a las averías presentadas en el periodo se cuantificaron \$124,108.12 en gastos de reparación teniendo a la prensa extrusora con el mayor índice de criticidad y con un 61.74% del total de fallas. Mediante la implementación de las recomendaciones propuestas se busca reducir un 5% anual de los gastos de reparación durante los próximos cuatro años generando una factibilidad de \$1.84 con una inversión inicial de \$ 32,079.89 y un TIR de 47.42%.

Por otro lado, Fierro (2020) en su tesis titulada “PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM 2) PARA

INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS LÍNEAS DE EXTRUSIÓN EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE MATERIALES PLÁSTICOS”; expone la necesidad de mejorar el nivel de disponibilidad de las líneas de extrusión de una empresa productora de materiales plásticos. Puesto que, se observó que en los últimos tres años el indicador clave de la gestión de mantenimiento se encontraba por debajo del objetivo propuesto por el área, el cual fue establecido en un 93% como mínimo. Al respecto, en el año 2017 la disponibilidad de máquina fue del 83.4%, para el año 2018 se logró una leve mejoría, alcanzado una disponibilidad del 90% y finalmente en el año 2019 se redujo de forma considerable estableciéndose en 84.5%. El bajo nivel de disponibilidad de las máquinas de la planta de extrusión generaba que se reduzca el tiempo disponible para producir y la cantidad de material procesado. En el año 2017, el tiempo que se dejó de procesar superó las 10 mil horas, lo cual significó que más de 1139 toneladas de material no lograran ser procesados. Al año siguiente, se perdió más de 6 mil horas de producción, generando que 781 toneladas de material se dejarán de producir. En el año 2019 el panorama no mostró mejoría, puesto que, se perdió cerca de 7 mil horas de producción y como consecuencia 800 toneladas de material no lograron ser procesados. Estos resultados provocaron una pérdida económica dado que no se generaron ventas ascendentes a S/. 1,430,000 soles, estimado solo por el producto más representativo de la planta de extrusión. Se constituyó un equipo de trabajo para realizar el análisis y desarrollo de la solución, por lo que se procedió a determinar las causas que generan el problema mediante el análisis causa – efecto; así mismo, se evaluó el impacto que genera cada causa en el problema. Finalmente, a través del diagrama de Pareto se concluyó que ocho causas son las que generan mayor impacto en el problema. Para determinar la mejor alternativa de solución, el equipo de trabajo planteó dos

metodologías de gestión de mantenimiento y en base al juicio de expertos del equipo de trabajo se establecieron los factores de evaluación para la selección de la metodología.

En la tesis desarrollada por (López, 2020) denominada “DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES EN LA EMPRESA INEDYC EN LA CIUDAD AMBATO” se desarrolla la propuesta de un diseño de mantenimiento industrial. En la tesis se habla sobre un Sistema de Gestión de Mantenimiento basado en la experiencia de los trabajadores, por lo que, en este trabajo se pretende normalizar técnicamente el sistema de gestión en base a la norma COVENIN 2500-93; Planificación, Organización, Dirección y Control. En este sentido, se plantean los siguientes pasos para el nuevo modelo operativo: (1) diagnóstico de transformadores de potencia, (2) definición de modos de fallas de los componentes críticos y (3) formulación de estrategias de mantenimiento, para lo cual se aplica el análisis modal de fallos y efectos. Como resultado de la evaluación del SGM se determinó que la empresa solamente cumple con un 35% de norma. La evaluación se basó en el análisis de fallos para evitar sobre calentamientos en las bobinas, monitorear las temperaturas, realizar análisis físico químico y cromatografía de gases al aceite dieléctrico, efectuar mediciones de resistencia del devanado y ejecutar mediciones de la relación de transformación. Además, de efectuar termografías periódicas. De este proceso de evaluación se concluye que en las pruebas del aceite se evidencia deterioro de este y si algunos valores están por debajo de los permitidos se debe realizar mantenimiento al aceite (en caliente o en frío), con el objeto de optimizar las condiciones del transformador mejorando el aceite en sus características de refrigerante y dieléctrico. Finalmente, para que el SGM llegue al porcentaje ideal cercano al 100% se plantea establecer fichas técnicas de reparación, plan de mantenimiento preventivo e historial de los transformadores reparados.

Por otro lado, Lozada & Orellana (2021) en su tesis titulada “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ELECTRÓNICO MECÁNICO EN LAS MÁQUINAS EXTRUSORA E INYECTORA PARA LA EMPRESA VULCANO PLÁSTICO”, se diseña una metodología basada en la aplicación de un estudio minucioso de los archivos que posee la empresa Vulcano Plástico tales como históricos de fallos y manuales de los equipos además de obtener información por medio de entrevistas a los operarios, con la información recabada se realiza la primera base de datos de actividades de mantenimiento de la empresa, organizando la información de una manera apropiada, con el propósito de que cada actividad sea más comprensible para los operarios, una vez que se organiza la base de datos se efectúa un análisis de criticidad mediante el análisis de Pareto con la finalidad de establecer los equipos más críticos y las actividades de mantenimiento prioritarias de la empresa, de esta manera se puede desarrollar una codificación que permita identificar al operario las actividades más importantes de cada máquina, así como la elaboración de fichas técnicas de los equipos en orden de su importancia, obteniendo de esta manera el primer plan de mantenimiento preventivo para Vulcano Plástico, que además describe el tiempo o frecuencia en que se deben desarrollar las actividades preventivas.

Por otro lado, Correa & López (2021) en la tesis titulada “PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA LÍNEA DE EXTRUSIÓN- SOPLADO EN LA EMPRESA POLIMÉRICA SAS”, establecen en su investigación como punto crítico dentro de su plan de desarrollo, la necesidad de reducir la pérdida de tiempo en el proceso de producción, identificando como prioridad la creación de un plan de mantenimiento preventivo para su línea de extrusión y soplado ya que este a la fecha no existe y esto está generando paros innecesarios y gastos inadecuados. Mediante la recolección de información basada en la metodología de las 5M,

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

2.2 Direccionamiento estratégico de la empresa

2.2.1 Reseña de la empresa

INDUCUERDAS, es una empresa Chimboracense, que inicia sus actividades en el año 2009. Esta entidad se especializa en la elaboración de cuerdas de fibras sintéticas por medio del método de fundición y extrusión de polipropileno y posterior proceso de retorcido en máquinas automatizadas lo que le permiten desarrollar un producto de alta calidad, que ha llegado a posicionarse en mercados exigentes a nivel nacional, abarcando en la actualidad un 40% del mercado nacional de cuerdas y sogas trenzadas. El canal de comercialización que utilizan es a través de distribuidores en las provincias de Azuay, Tungurahua, Chimborazo, Guayas, Pichincha, una parte del Oriente ecuatoriano y constantemente buscan alianzas estratégicas con distribuidores potenciales a nivel nacional, buscando siempre innovar en un mercado competitivo como el ecuatoriano.

Debido a esta ambiciosa visión de la empresa de querer expandir su presencia en el mercado tanto nacional como en el mercado internacional. En la actualidad INDUCUERDAS se encuentra en un proceso de modernización y ampliación de su planta física ubicada en el cantón Guano, con la compra de maquinaria de última tecnología lo cual le permitirá, en un futuro, incrementar su producción anual, diversificar su oferta de productos, mejorar sus niveles de calidad y enfoca todos los esfuerzos en realizar entregas a tiempo.

Ilustración 1

Logotipo actualizado de la empresa.



2.2.2 Misión

Nuestra misión es producir y comercializar cuerdas mediante estrategias que ayuden a un crecimiento sostenido de operaciones, generando un trabajo con responsabilidad social y minimizando el impacto ambiental.

2.2.3 Visión

Alcanzar en el 2025 un liderazgo en la fabricación de cordelería, generando un Know How como empresa, dotar de la más alta tecnología para optimizar recursos y permitir nuevas oportunidades de trabajo y superación a todos quienes integran la Industria.

2.2.4 Datos generales de la empresa

Nombre de empresa: Industrial Cuerdas Andinas Inducuerdas CIA Ltda (Ecuador)

Principales Actividades: Confección de Cuerdas, Cordajes, Cordeles y Cuerdas y Telas para Neumáticos

Casa Matriz: Edelberto Bonilla, Riobamba; Chimborazo;

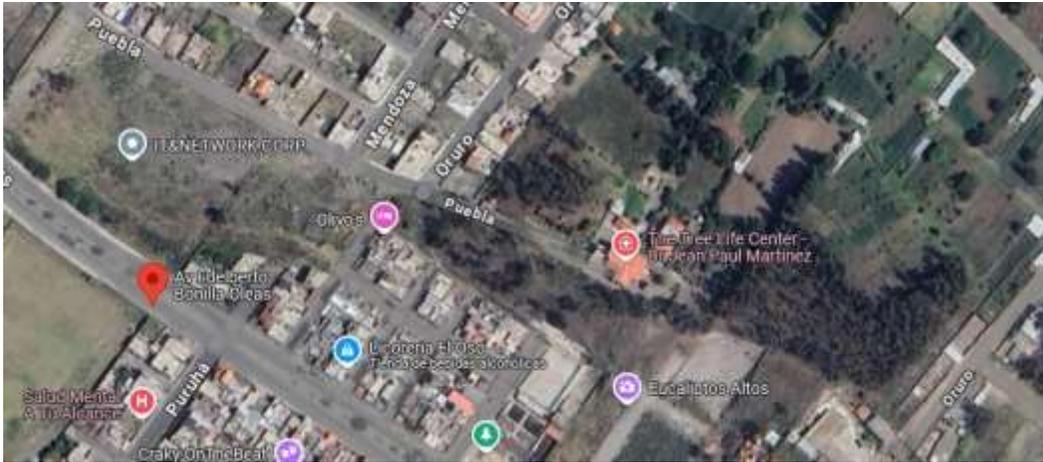
Web: <http://www.inducuerdas.com>

2.2.5 Ubicación de la empresa

La empresa Industrial Cuerdas Andinas Inducuerdas CIA Ltda se encuentra ubicada en la ciudad de Riobamba en la Avenida El (ver figura 1).

Figura 1

Ubicación geográfica de Inducuerdas CIA Ltda



Nota. Mapeo de la ubicación de la planta matriz de Inducuerdas CIA Ltda, en la ciudad de Riobamba, Tomado de Google Maps, 2024 (Captura de pantalla)

2.3 Mantenimiento

Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar la función requerida.

2.3.1 Plan de Mantenimiento

El plan de mantenimiento se define como un conjunto estructurado de actividades y procedimientos diseñados para garantizar la operación continua y eficiente de equipos y sistemas. Cabe resaltar que un plan de mantenimiento incluye la programación de inspecciones regulares, mantenimiento preventivo y correctivo, así como la asignación de recursos necesarios para estas tareas. Además, se enfatiza que el objetivo principal es asegurar la disponibilidad y confiabilidad de los activos durante su ciclo de vida operativo.

2.3.2 Disponibilidad

Capacidad de un elemento de encontrarse en un estado para desarrollar una función requerida bajo unas condiciones determinadas en un instante dado o bien durante un intervalo de tiempo determinado, asumiendo que se proveen los recursos externos requeridos.

2.3.3 Vida útil

El intervalo de tiempo que bajo unas condiciones dadas comienza en un instante de tiempo determinado y termina cuando la tasa de fallos se hace inaceptable, o bien cuando el elemento se considera irreparable como resultado de una avería o bien de otros factores relevantes.

2.3.4 Tiempo hasta el fallo

Duración total del tiempo de operación de un elemento, desde el instante en que se encuentra por primera vez en un estado de disponibilidad hasta la aparición del fallo, o desde el instante de restablecimiento hasta la aparición del próximo fallo.

2.4 Gestión de Mantenimiento

La gestión de mantenimiento se define como el conjunto de actividades coordinadas para asegurar que los equipos y sistemas operen de manera óptima y eficiente. Esto incluye planificación, organización, control y supervisión de recursos para mantener los activos en condiciones adecuadas y prolongar su vida útil. Según el libro "Aplicación práctica a la teoría de mantenimiento" (edición 2006, p. 35), se destaca que el mantenimiento preventivo por tiempo es crucial para este proceso, haciendo hincapié en la importancia de la prevención de fallas mediante inspecciones regulares y mantenimiento programado.

2.4.1 Análisis de Criticidad

El concepto de criticidad en mantenimiento se refiere a la evaluación sistemática del grado de importancia de los activos dentro de un proceso o sistema, basándose en criterios como la seguridad, la producción, el impacto ambiental y los costos asociados a su falla. Según el documento "Marco Teórico RCM" sobre mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), el análisis de criticidad es fundamental para identificar qué equipos o componentes requieren mayor atención y recursos para mitigar riesgos operativos y asegurar la confiabilidad del sistema. Esta metodología se utiliza para priorizar actividades de mantenimiento preventivo y predictivo de manera efectiva.

2.4.2 Eficiencia del mantenimiento

Razón entre los recursos planificados o esperados, necesarios para ejecutar la tarea de mantenimiento requerida, y los recursos realmente utilizados.

2.5 Máquina Extrusora

Una máquina extrusora es un equipo utilizado en la industria para procesar materiales plásticos, cerámicos, alimenticios y otros mediante un proceso de extrusión. Esta máquina consiste en un tornillo sin fin que se encarga de transportar y mezclar el material dentro de un cilindro calentado. El material fundido se extruye a través de una boquilla con la forma deseada, permitiendo la creación de productos continuos con sección transversal constante.

Las máquinas extrusoras son fundamentales en la fabricación de películas plásticas, perfiles, tuberías, cables, y otros productos que requieren una forma continua y uniforme. Su diseño puede variar según la aplicación específica y el tipo de material a procesar, adaptándose desde pequeñas máquinas de laboratorio hasta grandes sistemas industriales.

Composición, en la máquina extrusora de polímero, en general, la más básica y común es una extrusora de un solo tornillo. Incluye principalmente seis partes: transmisión, dispositivo de alimentación, barril, tornillo, cabeza y matriz.

2.5.1 Pieza de transmisión

La parte de transmisión suele estar compuesta por un motor, una caja reductora y un cojinete. Durante el proceso de extrusión, la velocidad del tornillo debe ser estable y no puede cambiar con el cambio de la carga del tornillo, para mantener la calidad uniforme de los productos obtenidos. Sin embargo, en diferentes ocasiones, el tornillo debe tener velocidad variable para lograr el requisito de que un equipo pueda extruir diferentes plásticos o diferentes productos. Por lo tanto, esta parte generalmente utiliza motores de conmutador de CA, motores de CC y otros dispositivos para lograr un cambio de velocidad continuo. Generalmente, la velocidad del tornillo es de 10-100 rpm.

La función del sistema de transmisión es impulsar el tornillo y suministrar el par y la velocidad requeridos por el tornillo en el proceso de extrusión. Suele estar compuesto por un motor, un reductor y un cojinete. Partiendo de la premisa de que la estructura es básicamente la misma, el costo de fabricación del reductor es aproximadamente proporcional a su tamaño y peso externos. Debido a la gran forma y peso del reductor, significa que se consumen muchos materiales durante la fabricación, y los rodamientos utilizados también son relativamente grandes, lo que aumenta el costo de fabricación.

Para extrusoras con el mismo diámetro de tornillo, las extrusoras de alta velocidad y eficiencia consumen más energía que las extrusoras convencionales. La potencia del motor se duplica y es necesario aumentar el tamaño del bastidor del reductor en consecuencia. Pero la alta velocidad del tornillo significa una baja relación de reducción. Para el reductor del mismo tamaño,

el módulo de engranaje de la relación de reducción baja aumenta en comparación con la relación de reducción grande, y también aumenta la capacidad de carga del reductor. Por lo tanto, el aumento de volumen y peso del reductor no es linealmente proporcional al aumento de la potencia del motor. Si usa el volumen de extrusión como denominador y lo divide por el peso del reductor, la cantidad de extrusoras eficientes y de alta velocidad es menor y la cantidad de extrusoras ordinarias es mayor. En términos de salida unitaria, la baja potencia del motor de la extrusora de alta velocidad y eficiencia y el pequeño peso del reductor significan que el costo de fabricación de la máquina de salida unitaria de la extrusora de alta velocidad y eficiencia es menor que eso. del extrusor ordinario.

2.5.2 Dispositivo de alimentación

Generalmente, los gránulos se usan generalmente para la alimentación, pero también se pueden usar tiras o polvos. El equipo de carga suele utilizar una tolva cónica, cuyo volumen se requiere para proporcionar al menos una hora de consumo. Hay un dispositivo de corte en la parte inferior de la tolva para ajustar y cortar el flujo de material. El lateral de la tolva está equipado con una mirilla y un dispositivo de medición de calibración. Algunas tolvas también pueden estar equipadas con dispositivos reductores de presión o dispositivos de calentamiento para evitar que las materias primas absorban la humedad del aire, o algunos barriles también tienen sus propios agitadores, que pueden alimentar o alimentar materiales automáticamente.

2.5.2.1 Tolva

La tolva es generalmente simétrica. Hay una ventana en el costado de la tolva para observar el nivel del material y la situación de la alimentación, y la parte inferior de la tolva tiene una puerta de apertura y cierre para detener y ajustar la cantidad de alimentación. Se agrega una cubierta sobre

la tolva para evitar que el polvo, la humedad y las impurezas caigan en ella. Al elegir los materiales de la tolva, es mejor utilizar materiales livianos, resistentes a la corrosión y fáciles de procesar. Generalmente se utilizan placas de aluminio y acero inoxidable. El volumen de la tolva depende del tamaño de la extrusora.

2.5.3 Carga

Hay dos tipos de métodos de alimentación: alimentación manual y alimentación automática. La alimentación automática incluye principalmente alimentación por resorte, alimentación por granallado, alimentación por vacío y alimentación por cinta transportadora. En circunstancias normales, la alimentación manual se utiliza para extrusoras pequeñas y la alimentación automática para extrusoras grandes.

2.5.3.1 Alimentación por gravedad

El principio que maneja es que el material ingresa al barril por su propio peso, incluida la alimentación manual, la alimentación por resorte y la alimentación por explosión.

Se caracteriza por ser un proceso de estructura simple y bajo costo. Pero es fácil provocar una alimentación desigual, lo que afecta la calidad de las piezas. Solo es adecuado para extrusoras pequeñas.

2.5.3.2 Alimentación obligatoria

Para la alimentación obligatoria hay que instalar un dispositivo que pueda aplicar presión externa al material en la tolva para forzar el material dentro del barril de la extrusora con la finalidad de que pueda superar el fenómeno de la "formación de puentes" y hacer que la alimentación sea uniforme.

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1 Tipo de Investigación.

La presente investigación utiliza estrategias de investigación documental y de campo. La investigación documental se sujeta a la consulta de manuales de equipos, especificaciones y procedimientos. Mientras que la investigación de campo permite conocer el funcionamiento de la prensa extrusora y a su vez se obtendrá información para el diagnóstico operacional de los equipos por el cual está integrado.

La investigación es de tipo no experimental, esto en función de que no existe la manipulación deliberadamente las variables. En su lugar, se trabaja directamente los datos proporcionados por la empresa, es decir por las bitácoras y registros de mantenimiento, mismos que no pueden ser modificados, garantizando de esta manera que el diseño de gestión de mantenimiento planteado en la investigación ayude al aumento de la productividad deseada por la organización.

3.2 Diseño de Investigación

En esta instancia, se llevará a cabo un estudio correlacional, puesto que se analizarán dos o más variables y se evaluará la relación estadística entre estas. El propósito de esta modalidad de investigación es identificar, describir y anticipar relaciones entre las variables estudiadas.

3.3 Técnica de recolección de datos.

Para la recolección de datos se tomó en cuenta los registros y bitácoras de mantenimiento que existen en la empresa, además se realiza encuestas estructuradas o cuestionarios para obtener respuestas cuantitativas de los técnicos de campo sobre los aspectos específicos de los problemas de mantenimiento en la máquina extrusora intervenida, esto con la finalidad de robustecer y convalidar

la información registrada. Es así como tenemos fuentes de información primarias y fuentes de información secundarias.

3.3.1 Fuentes primarias

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

3.3.2 Fuentes secundarias

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

3.3.3 Herramientas para la investigación

Para la recolección de la información, se utilizará la metodología de las "5M":

Así, como también otras metodologías como:

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

3.4 Población de estudio y tamaño de muestra

La población de estudio de este proyecto está constituida específicamente por la máquina extrusora ASIA MACHINE de la empresa INDUCUERDAS CIA Ltda.

3.5 Hipótesis

El diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para el proceso industrial de extrusión aumentará en la empresa de INDUCUERDAS CIA Ltda.

3.6 Metodología de la investigación

Desarrollo del objetivo número 1

Para el desarrollo del objetivo número 1 " Evaluar la criticidad de las máquinas que componen el área de extrusión mediante análisis de criticidad para identificar los activos esenciales para el funcionamiento de esta área" se realizarán las siguientes actividades:

- Reseñar el proceso de mantenimiento que tiene actualmente la compañía.
- Levantamiento del histórico de fallas que se han presentado durante el tiempo de estudio

de operación de la línea.

- Análisis del reporte de actividades correctivas que se han realizado
- Categorización de fallas y soluciones presentadas para establecer si existen errores conocidos y ya hay métodos establecidos para resolver cierto tipo de fallas

presentadas.

Desarrollo del objetivo número 2

Para el desarrollo del objetivo número 2 " Analizar el mantenimiento en el área de extrusión mediante diagramas de Ishikawa para estructurar las causas que provocan baja disponibilidad en la extrusión" se realizarán las siguientes actividades:

- Especificar las características técnicas de las máquinas y su taxonomía.
- Verificación de las recomendaciones y planes propuestos por el fabricante o proveedor de

las máquinas.

- Comparación con prácticas realizadas por otras compañías para determinar el mejor método aplicable a la línea de extrusión en INDUCUERDAS CIA Ltda.

Desarrollo del objetivo número 3

Para el desarrollo del objetivo número 3 " Validar el diseño del sistema de gestión de mantenimiento mediante una comparación de tiempos de funcionamiento para verificar su impacto sobre la disponibilidad. se realizarán las siguientes actividades:

- Enumerar las actividades a realizar según análisis de prioridad y criticidad que permitan impactar al 100% la línea en cada mantenimiento.

- Estandarizar los formatos para los distintos procesos de mantenimiento preventivo para el área de extrusión.

- Evaluar mediante KPIS la disponibilidad del activo intervenido para establecer que tan bueno es el sistema de gestión diseñado.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis, interpretación y representación de resultados

4.1.1. Resultados del primer objetivo

4.1.1.1 Situación actual de la empresa

Esta investigación inicia con un análisis del entorno de la empresa, con el objetivo de identificar los problemas y dificultades que enfrenta. Esto permitirá desarrollar un estudio enfocado en sus necesidades específicas y proponer soluciones adecuadas.

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

4.1.1.2 Medición.

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

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

A continuación, se muestran los resultados de los indicadores anteriormente mencionados en el transcurso del tiempo objeto de estudio es decir desde enero de 2020 hasta junio de 2021:

Figura 2
Indicador del control de tiempos muertos del periodo enero 2020 a diciembre de 2020.



4.1.1.3 Histórico de mantenimientos correctivos.

Los mantenimientos correctivos que se presentaron durante el tiempo estudiado que en este caso va desde enero del 2020 hasta junio del 2021, para cada uno de los equipos que conforman la línea de extrusión de la empresa se resumen a continuación. En los anexos 5 y 6 se muestra detalladamente cada uno de estos.

Tabla 1
Histórico de fallas

Máquina/equipo	Cantidad de fallas	Tiempo parado por fallas (horas)	Costos de repuestos (\$)
Máquina de soplado convencional -CHIAMING CM-65DV	29	374,25	3.765.52
Compresor de baja KAESER -AS30.	0	0	0
Equipo de refrigeración TRAFICO - SCROLL de 7,5	3	14,10	5.213.81
Total	32	388,35	8.979.33

Nota: Se muestran en número de fallas y los costos de reparación de estas, el periodo de enero del 2020.

4.1.1.4 Análisis de la Información

A partir, de la información recopilada se puede decir, que la forma en la cual se están programando y realizando las actividades de mantenimiento preventivos actualmente en la empresa INDUCUERDAS CIA Ltda, no son confiables y no garantizan la programación y posterior ejecución en los tiempos óptimos de las actividades principales y fundamentales, que se deben realizar a cada una de las máquinas y equipos de la línea de extrusión de la organización. Por lo cual se realizan mantenimientos antes de que el equipo lo requiera, lo que genera un sobre costo, o puede pasar el caso contrario en el cual los mantenimientos preventivos se están realizando mucho tiempo después de que las máquinas lo requieran, lo que ocasionan que la vida útil de estas se reduzca drásticamente,

lo que puede conllevar a fallas reiteradas en cada uno de los equipos que conforman este proceso de la empresa.

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

- ¿Qué? La programación y ejecución de los mantenimientos preventivos no es confiable.
- ¿Por qué? Las máquinas no tienen un listado de actividades establecidas para programar, así como tampoco una frecuencia en la cual estas se deban realizar.
- ¿Cuándo? Se requiere realizar la programación de las actividades preventivas de las máquinas y su posterior ejecución.
- ¿Dónde? En las máquinas y equipos periféricos de la línea de extrusión de la empresa
INDUCUERDAS CIA Ltda
- ¿Quién? El Coordinador de mantenimiento a la hora de programar las actividades preventivas y el retraso en la producción debido a fallas en los equipos.
- ¿Cómo? Realizando un listado de actividades preventivas a cada una de las máquinas y equipos que conforman la línea de extrusión de la empresa, además se le instalarán contadores de ciclos digitales a las máquinas y horómetros a los equipos periféricos que lo requieran para controlar el tiempo en el cual se deban programar y ejecutar dichas actividades.
- ¿Cuánto? Se requiere la instalación de un contador de ciclo para la máquina de extrusión convencional ASIA MACHINE y también un horómetro para el equipo refrigeración

TRÁFICO - SCROLL de 7, 5. Los cuales tienen un costo de \$400.00.

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

Figura 3
Indicadores de mantenimientos



Nota: Se muestran el resultado de los indicadores de mantenimiento en el periodo de enero del 2020 a junio de 2021. **Fuente:** Autora

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

Aparte de esto, la información que se obtienen de los indicadores solo se está limitando a

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

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

Figura 4
Histórico de fallas



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

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

Corno resultado de este análisis encontramos que la máquina de extrusión convencional ASI MACHINE presentó 29 fallas y que el equipo de refrigeración TAFRICO SCROLL, tuvo tres paradas correctivas, es así como la línea de extrusión de la empresa INDUCUERDAS CIA Ltda. presentó los valores correspondientes a los indicadores de disponibilidad:

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

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

4.3 Propuesta de solución

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

Un Modelo de Gestión de Mantenimiento (MGM) es un conjunto de principios, prácticas, procedimientos y herramientas que una organización utiliza para planificar, coordinar, ejecutar y supervisar las actividades de mantenimiento de sus activos (equipos, maquinaria, instalaciones, infraestructura, etc.). El objetivo principal de un MGM es asegurar que los activos operativos estén en condiciones óptimas para cumplir con su función de manera eficiente, segura y económica. Ver figura 14.

Figura 5
Modelo de Gestión de Mantenimiento (MGM).



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

4.3.1 Fase 1. Definición de objetivos y estrategias.

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

4.3.1.1 Misión de área de mantenimiento.

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

4.3.1.2 Visión del área de mantenimiento.

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

4.3.1.3 Objetivos estratégicos de mantenimiento

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

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

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

4.3.2 Fase 2. Jerarquizar equipos.

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

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

- $CRT = \text{Frecuencia de Falla (FF)} \times \text{Consecuencia (C)}$.

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

Tabla 2

Frecuencia de fallas del modelo CRT

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

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

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

- $C = (IO \times FO) + CM + SHA$ (3.2)

Donde:

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

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

Tabla 3
Consecuencia de falla del modelo CRT

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

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

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

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

Figura 6

Matriz de criticidad modelo CTR

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

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

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

Figura 7
Matriz de criticidad línea extrusión soplado

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

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

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

4.3.3 Fase 3. Análisis de puntos débiles.

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

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

4.3.4 Fase 4. Diseño del plan de mantenimiento.

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

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

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

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

Tabla 4

Actividades de mantenimiento Máquina de extrusión ASIA MACHINE

Máquina de soplado convencional -CHIAMING CM -65DV Ítem Tarea de mantenimiento

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

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

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

Tabla 7.

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

Equipo de refrigeración TRÁFICO – SCROLL de 7,5.

Ítem	Tarea de mantenimiento
1	Inspección operacional: Revisar el funcionamiento del equipo, que este no presente fugas, ruidos extraños y que las presiones estén en los valores normales de trabajo.
2	Realizar la limpieza externa del equipo, con un paño limpio y agua con un agente de limpieza, así como también realizar una inspección operativa.
3	Mantenimiento general del equipo en el cual se verifica: <ul style="list-style-type: none"> - Revisión de fugas. - Inspección del aislamiento térmico. - Chequeo de contactores y reapriete de conexiones. - Limpieza de condensadores y peinado de serpentinas. - Chequeo de la presión de aceite en compresores y adicionar si es necesario. - Chequeo de las presiones de refrigerante y adicionar si es necesario.

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

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

Tabla 5

Actividades de mantenimiento del Compresor de baja KAESER –AS30.

Compresor de baja KAESER –AS30.

Ítem	Tarea de mantenimiento
1	Inspección Operativa
2	Limpieza Externa
3	MTTO tipo A

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

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

4.3.5 Fase 5. Programación del mantenimiento.

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

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

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

Tabla 6
Formato de Plan de mantenimientos

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

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

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

En la tabla 10, se describen las tareas de mantenimientos propuestas bajo el modelo de protocolos genéricos, en este caso para la Máquina de extrusión convencional ASIA MACHINE, los cuales se pueden aplicar para las demás máquinas que sean o que tengan

características similares y realicen las mismas funciones que esta.

Tabla 7

Formato de plan de mantenimiento Máquina de extrusión-soplado.

Formato de Plan de Mantenimiento

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

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

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

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

Nota: Se muestra el plan de mantenimiento propuesto para la Máquina de extrusión convencional ASIA MACHINE.

Fuente: Autora.

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

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

Tabla 8

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

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

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

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

4.3.5.3 Formato de mantenimiento Compresor de baja KAESER –AS30.

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

Tabla 9
Formato de mantenimiento Compresor de baja KAESER –AS30.

Formato de Plan de Mantenimiento													
Nombre de la máquina o equipo		Código interno	Marca	Modelo	Año	Serial	Ubicación:						
Compresor de baja AS30		Compresor AS 30	KAESER	AS 30	2011	1127	Cuarto de equipos de baja						
Ítem	Tarea de mantenimiento	Frecuencia	Especialidad	Duración Estimada	Permiso de trabajo	Equipo Parado /Marcha	Nº. Cierres actuales	Fecha último MTT O	Horas último MTTO	Fecha Estimada a Prox. MTTO	Nº Cierres Progr. Prox. MTT O	Nº Cierres ó días Faltantes MTTO	Observaciones
1	Inspección Operativa	2 x día	Aux MTTO	2 min	No	M							
2	Limpieza Externa	15 días	Aux MTTO	15 min	No	M							
3	MTTO tipo A	4000 h	Tec. KAESER	60 min	Si	P							
4	MTTO tipo B	8000 h	Tec. KAESER	80 min	Si	P							
5	MTTO tipo C	16000 h	Tec. KAESER	120 min	Si	P							

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

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

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

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

Los indicadores propuestos son los siguientes:

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

4.3.7 Fase 7. Análisis del ciclo de vida.

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

4.3.8 Fase 8. Implantación del proceso de mejora continua.

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

4.4 Impactos alcanzados y esperados

4.2 Impactos alcanzados

Los impactos alcanzados en la presente propuesta de plan de mantenimiento para la línea de extrusión de la empresa INDUCUERDAS son:

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

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

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

4.3 Impactos esperados

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

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

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

4.4 Discusión

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

4.1.2. Análisis financiero

4.5 Costo de implementación /Inversión

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

Tabla 10
Costos de implementación

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

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

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

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

4.6 Utilidad Esperada

Dentro de la línea de extrusión soplado, con la implementación del plan de mantenimiento se busca tener una mayor disponibilidad de esta, por lo que se espera que el primer año que esta esté en funcionamiento, los tiempos por paradas no programadas debido a fallas en los equipos es de 250 horas (impacto económico de \$ 64.432,98), que es el tiempo promedio que la línea de extrusión soplado está durando detenida en una año, pasen a 100 horas por año (impacto económico de \$ 25.773,19), lo que implica una reducción del 60% de paradas por mantenimiento correctivos, lo cual se refleja en un ahorro de \$ 38.659,79.

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

4.7 Retorno de la Inversión

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

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

Donde:

- Ingresos generados: \$ 38659.80
- Inversión realizada: \$ 10.400

Así

$$ROI = 2.72$$

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

$$\frac{(38659.80 - 10.400)}{(10.40)}$$

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Al finalizar el presente proyecto de investigación de la línea de extrusión de la empresa INDUCUERDAS y generar la propuesta de mantenimiento preventivo se puede concluir:

- Se presenta la propuesta de plan de mantenimiento a la compañía, en donde se refuerza fuertemente la necesidad de implementarlo ya que permitirá establecer rutinas constantes de diagnóstico preventivo sobre la línea de extrusión-soplado
- El manejo de indicadores claros y establecidos dentro del plan estratégico de la compañía permitirá reforzar el crecimiento en el mercado.
- Con la investigación realizada se reafirma el papel que tiene el área de mantenimiento dentro de la empresa para lograr los mejores resultados satisfaciendo las necesidades del cliente interno y externo cumpliendo con los tiempos y calidad establecida.

RECOMENDACIONES

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

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

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

Es recomendable que toda propuesta sea evidenciada con indicadores financieros, pues solo así se evidencia el verdadero valor agregado de la investigación en el campo amplio de la Ingeniería Industrial.

BIBLIOGRAFÍA

- Altman, C. (2005).** *El análisis de aceite como herramienta del mantenimiento proactivo de flotas de maquinaria pesada. Gestión de activos y confiabilidad. I Congreso de Mantenimiento*, Montevideo, Uruguay.
- Bajaras, L. & Restrepo, M. (1995).** *Plan y Manual Integral de Mantenimiento Preventivo para una Máquina Extrusora*. Bogotá: Corporación Universitaria Autónoma de Occidente
- CEN. (2016).** *Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural – recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos (ISO 14224:2016)*. ESTÁNDAR BRITÁNICO: BSI Standards Limited 2016.
- Coy, J. (2010).** *Diseño de un Programa de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria y Mejora del Sistema de Extracción de Vapores Inflamables en la Empresa Transproductos, S.A.* Guatemala, Universidad de San Carlos
- Chocoy, J. (2019).** *Gestión de Mantenimiento Preventivo Empleando Ultrasonido Para Cañón y Husillo de Empuje de Máquina Extrusora De Polímeros, Según Iso 17359*. Guatemala, Universidad de San Carlos
- Crespo, M. (2007).** *The maintenance management framework. Models and methods for complex systems maintenance*. London: Springer Verlag.
- Cubides, F. (2018).** *Plan de Mantenimiento Integral para las Extrusoras de Plástico en las Pequeñas y Medianas Empresas de Bogotá*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Garay, J. (2018).** *Análisis para Elaborar un Plan de Mantenimiento Preventivo en el Área de Producción de la Empresa Plásticos Internacionales Plasınca C.A.* Guayaquil - Ecuador, Universidad de Guayaquil

- García, S. (8 de 11 de 2021).** *RENOVETEC*. Obtenido de <http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento>
- Gestión de Compras. (1 de 12 de 2021).** *Gestión de Compras. Industrial sourcing*. Obtenido de Gestión de Compras. Industrial sourcing: https://www.gestiondecompras.com/files/products/plastic_parts/moldeo_soplado.pdf
- Hernández, Y. (2016).** *Sistema de Mantenimiento para la Línea de Extrusión de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) en Holplast*. Cuba, Universidad de Holguín
- ICONTEC. (1999).** *Guia Tecnica Colombiana 62.* . Bogota.
- Jiménez, C. (2021).** *Optimización del Plan de Mantenimiento Preventivo para Moldes de Inyección de Preforma en Iberplast S.A.S*. Bogotá: Universidad de las Américas.
- López, H. (2017).** *Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para el Mejor Funcionamiento de las Líneas de Extrusión de la Empresa T&T Ingeniería y Construcción S.A*. Perú, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur
- Mantenimiento Planificado. (1 de 12 de 2021).** *Mantenimiento Planificado*. Obtenido de Mantenimiento Planificado: <http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>
- Martínez, S. (2006).** *Plan de Mantenimiento Preventivo Aplicado a la Empresa Industrias Plásticas del Norte LTDA*. Bolívar-Cartagena, Universidad Tecnológica de Bolívar
- Navarro, E., Pastor, A., & Mugaburu, J. (1997).** *Gestión integral del mantenimiento*. Barcelona: Marcombo.
- Parra, C., & Crespo, A. (2015).** *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. Segunda Edición*. España: INGEMAN.

- Quimis, X. (2003).** *Mejoramiento de la Productividad Implementando Plan de Mantenimiento Preventivo en Plástico Josa.* Guayaquil - Ecuador, Universidad de Guayaquil
- Rodríguez, R. (2007).** *Estudio de la Planificación de la Calidad del Proceso de Soplado en una Empresa de Envases Plásticos.* Caracas-Venezuela, Universidad Católica Andrés Bello
- Salazar, F. (2020).** *Diseño e implementación del sistema de control para el arranque de tres compresores de tornillo, de la red de aire comprimido de la empresa INPLASTICO, en la ciudad de Latacunga.* Guayaquil - Ecuador, Universidad de Fuerzas Armadas de Guayaquil
- Tapia, M. (2001).** *Diseño de Plan de Mantenimiento Predictivo para la Línea de Producción Extrusión - Bolsas Plásticas en la Empresa Kalusin Importing Company (Kico S.A).* Bolívar-Cartagena, Universidad Tecnológica De Bolívar
- Tecnología de los Plásticos . (01 de 12 de 2021).** *Tecnología de los Plásticos.* Obtenido de Tecnología de los Plásticos:
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/03/extrusion-soplado.html>
- Universidad ECCI. (2016).** *Clasificación de los tipos de investigación.* Bogotá: Guía metodológica.
- Valdés, J. & San Martín, E. (2009).** *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo-Predictivo Aplicado a los Equipos de la Empresa Remaplast.* Cartagena, Universidad de Cartagena.
- Valiente, J. & Orozco, F. (2006).** *Plan de Mantenimiento Preventivo a la Empresa New Polimer Ltda.* Bolívar-Cartagena, Universidad Tecnológica de Bolívar

ANEXOS

ESTADO TÉCNICO DE LA EXTRUSORA(TABLERO)				
MARCA: ASIA MACHINE		RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO: TÈCNICO. WILSON YAGOS		
CÓDIGO TÉCNICO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO ACTIVO FIJO:		SIGNIFICADO:		
MANUALES: Si: _____ No: <u>X</u>	PLANOS: Si: _____ No: _____	REPUESTOS: Si: <u>X</u> No: _____		
CÓDIGO:	CÓDIGO:	CÓDIGO:		
SIGNIFICADO:	SIGNIFICADO:	SIGNIFICADO:		
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular	Bueno
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estado del anclaje ➤ Estado de la carcasa ➤ Estado de los elementos generadores de movimiento ➤ Estado del acople ➤ Estado de los empaques ➤ Estado de las redes eléctricas ➤ Funcionamiento de los mecanismos ➤ Estado de las tuberías ➤ Estado del tablero de control ➤ Lubricación 				X X X X X X X X
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO BUENO				

ESTADO TÉCNICO DE LA EXTRUSORA(TORNILLO)				
MARCA: ASIA MACHINE		RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO: TÈCNICO. WILSON YAGOS		
CÓDIGO TÉCNICO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO ACTIVO FIJO:		SIGNIFICADO:		
MANUALES: Si: _____ No: <u>X</u>	PLANOS: Si: _____ No: _____	REPUESTOS: Si: <u>X</u> No: _____		
CÓDIGO:	CÓDIGO:	CÓDIGO:		
SIGNIFICADO:	SIGNIFICADO:	SIGNIFICADO:		
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular	Bueno
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estado del anclaje ➤ Estado de la carcasa ➤ Estado de los elementos generadores de movimiento ➤ Estado del acople ➤ Estado de los empaques ➤ Estado de las redes eléctricas ➤ Funcionamiento de los mecanismos ➤ Estado de las tuberías ➤ Estado del tablero de control ➤ Lubricación 			X	X X X X X X
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO BUENO				

ESTADO TÉCNICO DE LA EXTRUSORA(HORNO)				
MARCA: ASIA MACHINE		RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO: TÈCNICO. WILSON YAGOS		
CÓDIGO TÉCNICO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO ACTIVO FIJO:		SIGNIFICADO:		
MANUALES: Si: _____ No: <u>X</u>	PLANOS: Si: _____ No: _____	REPUESTOS: Si: _____ No: _____		
CÓDIGO:	CÓDIGO:	CÓDIGO:		
SIGNIFICADO:	SIGNIFICADO:	SIGNIFICADO:		
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular	Bueno
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estado del anclaje ➤ Estado de la carcasa ➤ Estado de los elementos generadores de movimiento ➤ Estado del acople ➤ Estado de los empaques ➤ Estado de las redes eléctricas ➤ Funcionamiento de los mecanismos ➤ Estado de las tuberías ➤ Estado del tablero de control ➤ Lubricación 			X	X X X X X X X
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO BUENO				

ESTADO TÉCNICO DE LA EXTRUSORA(REBOBINADORA)				
MARCA: DAYSON		RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO: TÈCNICO. WILSON YAGOS		
CÓDIGO TÉCNICO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO ACTIVO FIJO:		SIGNIFICADO:		
MANUALES: Si: _____ No: <u>X</u>	PLANOS: Si: _____ No: _____	REPUESTOS: Si: _____ No: _____		
CÓDIGO:	CÓDIGO:	CÓDIGO:		
SIGNIFICADO:	SIGNIFICADO:	SIGNIFICADO:		
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular	Bueno
➤ Estado del anclaje				X
➤ Estado de la carcasa				X
➤ Estado de los elementos generadores de movimiento		X		
➤ Estado del acople			X	
➤ Estado de los empaques			X	
➤ Estado de las redes eléctricas				X
➤ Funcionamiento de los mecanismos			X	
➤ Estado de las tuberías				
➤ Estado del tablero de control			X	
➤ Lubricación			X	
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO REGULAR				

ASPECTOS SELECTIVOS	CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS				
			TABLER O	TORNIL LO	CABEZA L	HORN O	REBOBIN ADORA
INTERCAMBIABILIDAD	A	Irreemplazable	X				
	B	Reemplazable		X	X	X	X
	C	Intercambiable					
IMPORTANCIA PRODUCTIVA	A	Imprescindible	X	X	X	X	X
	B	Limitante					
	C	Convencional					
REGIMEN DE OPERACIÓN	A	Trabaja en un proceso continuo					
	B	Trabaja en un proceso seriado	X	X	X	X	X
	C	Trabaja en un proceso alternado					
NIVEL DE UTILIZACIÓN	A	Muy utilizada	X	X	X	X	X
	B	Media utilización					
	C	Poca utilización					

PARÁMETROS DIRECTIVOS	CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS				
			TABLER O	TORNIL LO	CABEZ AL	HORN O	REBOBIN ADORA
PRECISIÓN	A	Alta	X	X	X	X	
	B	Baja					X
	C	Media					
MANTENIBILIDAD	A	Alta complejidad	X	X	X	X	X
	B	Media complejidad					
	C	Simple complejidad					
CONSERVABILIDAD	A	Máquina con condiciones especiales					
	B	Máquina protegida	X	X	X	X	X
	C	Máquina normal en condiciones severas					

AUTOMATIZACIÓN	A	Automática		X	X	X	
	B	Semiautomática	X				X
	C	Máquina totalmente mecánica					
VALOR DE LA MÁQUINA	A	Alto valor	X	X	X	X	X
	B	Medio Valor					
	C	Bajo Valor					
FACILIDAD DE APROVISIONAMIENTO	A	Mala					
	B	Regular	X	X	X	X	X
	C	Buena					
SEGURIDAD OPERACIONAL	A	Máquina peligrosa					
	B	Máquina con peligrosidad media	X	X	X	X	X
	C	Máquina poco peligrosa					
RESULTADOS			3 A	4 A	4 A	4 A	2 A
			4 B	3 B	3 B	3 B	5 A
			-	-	-	-	

EQUIPOS	RESULTADOS	CATEGORÍA	CRITICIDAD
TABLERO	3 A		
	4 B		
	-		
TORNILLO	4 A		
	3 B		
	-		
CABEZAL	4 A		
	3 B		
	-		
HORNO	4 A		
	3 B		
	-		
REBOBINADORA	2 A		
	5 B		
	-		

DATOS, CARACTERÍSTICAS Y DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DE LA EXTRUSORA (TABLERO)	
CÓDIGO:	
DATOS GENERALES	
MARCA: ASIA MACHINE	NÚMERO DE SERIE: JWH5626
MODELO: P49BLA- 4059	AÑO DE ADQUISICIÓN: 2013
DATOS DEL MOTOR	
MARCA:	TIPO:
IP:	Hz:
POTENCIA:	RPM:
VOLTAJE:	AMPERAJE:
DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL	
TIPO DE SISTEMA	UNIDADES DE VELOCIDAD
RÍGIDO: _____ AMORTIGUADO: _____	VdB: _____ mm / s: _____
EQUIPO DE MEDICIÓN:	RESPONSABLE: TÈCNICO WILSON YAGOS
UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN	
	

DATOS, CARACTERÍSTICAS Y DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DE LA EXTRUSORA (TORNILLO)	
CÓDIGO:	
DATOS GENERALES	
MARCA: ASIA MACHINE	NÚMERO DE SERIE: NKL-375
MODELO: W0L43A- 2560	AÑO DE ADQUISICIÓN: 2013
DATOS DEL MOTOR	
MARCA:	TIPO:
IP:	Hz:
POTENCIA:	RPM:
VOLTAJE:	AMPERAJE:
DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL	
TIPO DE SISTEMA	UNIDADES DE VELOCIDAD
RÍGIDO: _____ AMORTIGUADO: _____	VdB: _____ mm / s: _____
EQUIPO DE MEDICIÓN:	RESPONSABLE: TÈCNICO WILSON YAGOS
UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN	
	

DATOS, CARACTERÍSTICAS Y DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DE LA EXTRUSORA (CABEZAL)	
CÓDIGO:	
DATOS GENERALES	
MARCA: ASIA MACHINE	NÚMERO DE SERIE: SRCR-112
MODELO: FLCB- 1005	AÑO DE ADQUISICIÓN: 2013
DATOS DEL MOTOR	
MARCA:	TIPO:
IP:	Hz:
POTENCIA:	RPM:
VOLTAJE:	AMPERAJE:
DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL	
TIPO DE SISTEMA	UNIDADES DE VELOCIDAD
RÍGIDO: _____ AMORTIGUADO: _____	VdB: _____ mm / s: _____
EQUIPO DE MEDICIÓN:	RESPONSABLE: TÈCNICO WILSON YAGOS
UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN	
	

DATOS, CARACTERÍSTICAS Y DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DE LA EXTRUSORA (HORNO)	
CÓDIGO:	
DATOS GENERALES	
MARCA: ASIA MACHINE	NÚMERO DE SERIE: BXCP-0115
MODELO: CXMU- 0425	AÑO DE ADQUISICIÓN: 2013
DATOS DEL MOTOR	
MARCA:	TIPO:
IP:	Hz:
POTENCIA:	RPM:
VOLTAJE:	AMPERAJE:
DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL	
TIPO DE SISTEMA	UNIDADES DE VELOCIDAD
RÍGIDO: _____ AMORTIGUADO: _____	VdB: _____ mm / s: _____
EQUIPO DE MEDICIÓN:	RESPONSABLE: TÉCNICO WILSON YAGOS
UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN	
	

DATOS, CARACTERÍSTICAS Y DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DE LA EXTRUSORA (REBOBINADORA)	
CÓDIGO:	
DATOS GENERALES	
MARCA: ASIA MACHINE	NÚMERO DE SERIE: VHC-1605
MODELO: EAAG- 2501	AÑO DE ADQUISICIÓN: 2013
DATOS DEL MOTOR	
MARCA:	TIPO:
IP:	Hz:
POTENCIA:	RPM:
VOLTAJE:	AMPERAJE:
DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL	
TIPO DE SISTEMA	UNIDADES DE VELOCIDAD
RÍGIDO: _____ AMORTIGUADO: _____	VdB: _____ mm / s: _____
EQUIPO DE MEDICIÓN:	RESPONSABLE: TÈCNICO WILSON YAGOS
UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN	
	