

EVALUAR LA EFECTIVIDAD DE LAS INYECTORAS DE PLÁSTICO EN
NAVCAR SAS MEDIANTE LA MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA GLOBAL,
CONSIDERANDO DISPONIBILIDAD, RENDIMIENTO Y CALIDAD, CON EL FIN DE
IDENTIFICAR LA PRODUCTIVIDAD Y LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL
PROCESO.

Handerson Arley Acero Murillo, Rafael Emiro Romero Ramírez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director

Alejandro Cortes

Ingeniero Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Bucaramanga

Año 2025

Dedicatoria

A mi padre, quien con su esfuerzo, dedicación y valores me ha enseñado el significado del trabajo y la perseverancia. Su ejemplo ha sido mi mayor inspiración para alcanzar mis metas y nunca rendirme ante los desafíos.

Gracias por tu apoyo incondicional, por cada consejo y por ser mi guía en este camino. Este logro es también tuyo.

Dedico este proyecto de grado a mi madre, quien ha sido mi mayor inspiración y mi pilar inquebrantable. Con su amor incondicional, paciencia y sacrificio, me ha enseñado a luchar por mis sueños, a perseverar en los momentos difíciles y a celebrar cada logro, por pequeño que fuera. Su fe en mí ha sido la luz que ha guiado mis pasos y su ejemplo de fortaleza y dedicación me ha impulsado a superar obstáculos. Este trabajo es un humilde reflejo de todo lo que he aprendido de ti, y es mi manera de agradecerte por ser la fuente de mi motivación y el motor de mis aspiraciones.

Gracias, mamá, por estar siempre a mi lado y por brindarme el amor y el apoyo que me han permitido alcanzar mis metas. Este logro es tan tuyo como mío.

Rafael Emiro Romero Ramírez

Handerson Arley Acero Murillo

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la empresa **NAVCAR** por brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto, por su apoyo y por permitirnos aplicar nuestros conocimientos en un entorno real de trabajo. Gracias a su confianza y disposición, hemos podido fortalecer nuestras habilidades y contribuir con mejoras en sus procesos.

A nuestra familia, por ser mi pilar fundamental, por su paciencia, amor y apoyo incondicional en cada paso de este camino. Sin su respaldo y motivación, este logro no habría sido posible.

A todos aquellos que de una u otra manera han contribuido a nuestro crecimiento profesional y personal, les expresamos nuestro más profundo agradecimiento.

Le damos gracias al ingeniero Mauricio Aguilar León por el apoyo y asesoría en los métodos propuestos en este trabajo

Contenido

Dedicatoria	2
Agradecimientos	3
Resumen.....	13
Abstract	15
Introducción	17
1. Planteamiento del problema.....	18
1.1. Problemas Identificados.....	18
1.2. Propuesta de Solución.....	18
2. Objetivos.....	20
2.1. Objetivo General.....	20
2.2. Objetivos Específicos.....	20
3. Marco Teórico.....	21
3.1. Análisis de Pareto	21
3.2. Identificación de los principales fallos en las máquinas de inyección.....	21
3.3. Mejora continua y tiempo medio entre fallos (MTBF).....	22
3.4. Mantenimiento Productivo Total (TPM)	22
3.4.1. Objetivos del TPM en sistemas de inyección de plástico	23
3.4.2. Implementación del TPM en NAVCAR.....	23
4. Marco Conceptual para Inyectoras WELLTEC.....	24
4.1. Inspección y Lubricación de Piezas Críticas	24
4.1.1. Husillos y Barriles.....	24
4.1.2. Boquillas y Moldes	24
4.1.3. Partes Móviles.....	25

4.2.	Estrategias de Mantenimiento: Preventivo, Correctivo y Predictivo.....	25
4.2.1.	Mantenimiento Preventivo.....	25
4.2.2.	Mantenimiento Correctivo.....	25
4.3.	Implementación de Programas de Mantenimiento	25
4.3.1.	Planificación y Registro.....	25
4.3.2.	Uso de Tecnologías Avanzadas	26
4.4.	Beneficios de una Estrategia de Mantenimiento Eficaz en Inyectoras WELLTEC .	26
4.4.1.	Aumento de la Productividad.....	26
4.4.2.	Mejora en la Calidad del Producto.....	26
4.4.3.	Incremento en la Seguridad Operativa.....	26
4.4.4.	Optimización de Recursos y Reducción de Costos.....	27
4.5.	Mantenimiento Predictivo en Inyectoras de Plástico WELLTEC	27
4.5.1.	Monitoreo Continuo y Avanzado.....	27
4.5.2.	Reducción de Tiempos de Inactividad.....	27
4.5.3.	Optimización de Recursos y Planificación	28
4.5.4.	Beneficios a Largo Plazo	28
4.6.	Frecuencia y Programación del Mantenimiento	28
4.6.1.	Determinación de Intervalos.....	28
4.6.2.	Registro y Seguimiento.....	28
4.7.	Implementación de Tecnologías Avanzadas.....	29
4.7.1.	Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real	29
4.7.2.	Beneficios de los Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real.....	29
4.7.3.	Software de Gestión de Mantenimiento.....	29

4.7.4.	Mantenimiento de Listas de Materiales	30
4.7.5.	Gestión de Listas Planificadas	30
4.7.6.	Integración de Información.....	30
4.8.	Reducción de Costos Operativos en una Estrategia de Mantenimiento Integral	30
4.8.1.	Prevención de Fallas Costosas	30
4.8.2.	Optimización de Recursos	31
4.8.3.	Prolongación de la Vida Útil de los Equipos	31
4.8.4.	Ahorro en Repuestos y Reparaciones	31
4.8.5.	Mejora en la Planificación Financiera	31
4.8.6.	Mejora en la Calidad del Producto Final	32
4.9.	Capacitación Continua del Personal en Inyectoras WELLTEC	32
4.9.1.	Programas de Formación Integral.....	32
4.9.2.	Fomento de una Cultura de Mejora Continua.....	32
4.10.	Factores que Influyen en la Frecuencia del Mantenimiento en Inyectoras WELLTEC	33
4.10.1.	Material del Molde de Inyección	33
4.10.2.	Complejidad del Molde.....	33
4.10.3.	Material de Inyección	33
4.11.	Implementación de Programas de Mantenimiento Preventivo	33
4.11.1.	Inspecciones Frecuentes.....	33
4.11.2.	Limpieza y Lubricación	34
4.11.3.	Reemplazo de Componentes Desgastados.....	34
4.12.	Mantenimiento Predictivo en Inyectoras WELLTEC.....	34

4.12.1.	Monitoreo de Condiciones	34
4.12.2.	Análisis de Datos	34
4.13.	Beneficios de una Estrategia de Mantenimiento Integral	35
4.13.1.	Reducción de Costos Operativos	35
4.13.2.	Aumento de la Productividad.....	35
4.13.3.	Mejora en la Calidad del Producto Final	36
4.14.	Monitoreo de Parámetros Críticos en Inyectoras WELLTEC	36
4.14.1.	Temperaturas y Presiones Inteligentes.....	37
4.14.2.	Inspección Automatizada de Sistemas de Enfriamiento.....	37
4.14.3.	Reemplazo Predictivo de Componentes con Ciclos de Vida Definidos	37
5.	Plan de trabajo.....	38
5.1.	Metodología SMED	38
5.1.1.	Análisis Técnico y Gestión de Mantenimiento de Máquinas de Moldeo por Inyección 38	
5.1.2.	Propuesta de Mejora en Porta Molde 91 y 126 Aplicando la Metodología SMED..	38
5.1.3.	Evaluación de Eficiencia en Porta Molde.....	39
5.1.4.	Optimización Basada en Análisis de Datos Críticos.....	39
5.1.5.	Cronograma de Actividades para Mejorar la Confiabilidad Operacional	39
5.2.	Análisis causa raíz (RCA).....	39
5.2.1.	Definición del problema	40
5.2.2.	Método 5W+1H aplicado a las inyectoras de plástico WELLTEC	40
5.2.3.	Cinco "¿Por qué?" varias veces para encontrar la causa raíz.....	41
5.2.4.	Aplicación práctica en inyectoras WELLTEC	41

5.2.5.	Determinación de la causa raíz	42
5.2.6.	Implementación de soluciones.....	42
5.2.7.	Análisis de la Norma UNE 62740 RCA en Inyectoras WELLTEC	42
5.2.8.	Construcción del Árbol de Fallas Específico para WELLTEC	43
5.3.	Mantenimiento Centrado en confiabilidad (RCM).....	44
5.3.1.	Identificación de los componentes críticos.....	45
5.3.2.	Evaluación de modos de falla	45
5.3.3.	Planificación del mantenimiento.....	45
5.3.4.	Informe para Gerencia de NAVCAR.....	47
Tabla 1	Registro de actividades antes de utilizar metodología SMED.....	47
Tabla2	Reducción de tiempos en un armado de molde con metodología SMED.	48
Tabla 3	Tabla Pareto explicando costo de parada global en Producción antes de utilizar RCA. .	49
Tabla 4	Tabla Pareto explicando la reducción del costo de parada global Utilizando RCA.	50
Tabla 5	Jerarquización de Maquinas de Inyección de la empresa NAVCAR	51
Tabla 6	Plan de Acción 5W+2H, método RCA.....	52
Tabla 7	Eficiencia de inyectoras de plástico de la empresa NAVCAR	53
Tabla 8	Hoja de Decisión Metodología RCM, estrategia de mantenimiento	54
Tabla 9	Comparación Registro de Datos de mantenimiento basado en condición.....	55
Tabla 10	Costos de Mantenimientos correctivos en Inyectoras.....	56
Tabla 11	Costos de Mantenimientos utilizando monitoreo CBM en Inyectoras	56
Figura 1	Grafica Porta moldes SMED (Autor).....	57
Figura2:	Parte fija porta molde ensamblada en Maquina.	57
Figura 3	Inyectora WELLTEC	58

Figura 4 Tablero Control de Temperatura	58
Figura 5 Barril de Plastificación	59
Figura 6 Bloque de Electroválvulas	59
Figura 7 Cronograma de Mantenimiento Preventivo.....	60
Figura 8 Producción en línea de bujes de polietileno	60
Figura 9 Partes intercambiables inyectora WELLTEC	61
Figura 10 Piezas sustituibles para fabricación de accesorios en inyectora WELLTEC	61
Figura 11 Eficiencia en Producción utilizando Método SMED	62
Conclusiones.....	63
Recomendaciones	64
Referencias Bibliográficas	66

Glosario

- **Activos:** Bienes físicos o equipos utilizados en un proceso productivo, cuya operación y mantenimiento son esenciales para la continuidad del negocio.
- **Análisis de fallas:** Proceso sistemático para identificar la causa raíz de un problema en un equipo o proceso, permitiendo la implementación de soluciones correctivas y preventivas.
- **Análisis de Pareto:** Herramienta utilizada para identificar y priorizar problemas en un proceso, basándose en el principio del 80/20, donde el 20 % de las causas genera el 80 % de los efectos.
- **Calidad del producto:** Grado de conformidad de un producto con los estándares establecidos, asegurando que cumpla con las especificaciones técnicas y expectativas del cliente.
- **Costo del ciclo de vida:** Análisis del costo total de un activo desde su adquisición hasta su disposición final, incluyendo operación, mantenimiento y eliminación.
- **Disponibilidad:** Indicador que mide el tiempo en que un equipo está operativo en comparación con el tiempo total de operación.
- **Eficiencia global de los equipos (OEE, por sus siglas en inglés):** Métrica que evalúa la eficiencia de una máquina basada en tres factores: disponibilidad, rendimiento y calidad.
- **Eficiencia operativa:** Nivel de desempeño de un proceso productivo en términos de uso óptimo de recursos, tiempo y costos.
- **Falla inesperada:** Evento que interrumpe la operación de un equipo sin previo aviso, generando tiempos de inactividad no planificados.

- **Fiabilidad:** Capacidad de un sistema o equipo para funcionar correctamente sin fallas durante un período de tiempo determinado.
- **Gestión de activos:** Conjunto de estrategias y prácticas enfocadas en maximizar el valor de los activos físicos de una empresa a lo largo de su vida útil.
- **Indicador clave de desempeño (KPI, por sus siglas en inglés):** Métrica utilizada para medir el rendimiento de un proceso o equipo con base en objetivos predefinidos.
- **Indicadores de desempeño:** Mediciones cuantificables utilizadas para evaluar la eficiencia y efectividad de procesos o equipos en una organización.
- **Inyectora de plástico:** Máquina utilizada en la industria para moldear plásticos mediante la inyección de resina fundida en un molde.
- **Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM, por sus siglas en inglés):** Estrategia que prioriza acciones de mantenimiento según la criticidad y consecuencias de las fallas en los equipos.
- **Mantenimiento correctivo:** Actividades realizadas para restaurar un equipo después de una falla.
- **Mantenimiento predictivo:** Estrategia de mantenimiento que utiliza el monitoreo de condiciones y análisis de datos para predecir fallas y programar intervenciones.
- **Mantenimiento preventivo:** Programa de mantenimiento planificado para reducir la probabilidad de fallas mediante inspecciones y sustitución de componentes.
- **Mantenimiento productivo total (TPM, por sus siglas en inglés):** Estrategia integral que involucra a todos los niveles de la organización en el mantenimiento y mejora continua de los equipos.

- **Metodología SMED (Single-Minute Exchange of Die):** Técnica utilizada para reducir los tiempos de cambio de herramientas o moldes en procesos industriales, mejorando la eficiencia operativa.
- **Moldeo por inyección:** Proceso de fabricación de plásticos donde la resina fundida se inyecta en un molde para formar piezas con formas definidas.
- **Optimización de recursos:** Uso eficiente de materiales, tiempo y mano de obra para maximizar la productividad y minimizar el desperdicio.
- **Plan de mantenimiento:** Estrategia organizada que define las actividades necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y minimizar fallos.
- **Rendimiento:** Indicador que mide la velocidad de producción en comparación con la capacidad teórica de un equipo.
- **Sistema de enfriamiento:** Componente de una inyectora de plástico encargado de regular la temperatura del molde para asegurar una solidificación adecuada del material.
- **Sistema de inyección:** Mecanismo de la inyectora que calienta y empuja la resina plástica fundida dentro del molde.
- **Tiempo medio entre fallos (MTBF, por sus siglas en inglés):** Indicador de confiabilidad que mide el tiempo promedio de operación de un equipo antes de que ocurra una falla.
- **Trazabilidad:** Capacidad de rastrear la historia, aplicación o ubicación de un producto o componente a lo largo de su ciclo de vida en la producción.

Resumen

TITULO: Evaluar la efectividad de las inyectoras de plástico en NAVCAR SAS mediante la medición de la eficiencia global, considerando disponibilidad, rendimiento y calidad, con el fin de identificar la productividad y las oportunidades de mejora en el proceso.

AUTORES: Handerson Arley Acero Murillo

Rafael Emiro Romero Ramírez

PALABRAS CLAVES: Análisis OEE, Inyectoras de plástico, Eficiencia operativa, Disponibilidad, rendimiento y calidad, Estrategias de mantenimiento, ESMED (Estrategia de Mantenimiento Estandarizado), RCA (Root Cause Analysis), RCM (Reliability-Centered Maintenance), Mantenimiento integral, Seguridad en el entorno de trabajo, Reducción de costos operativos

DESCRIPCION: El análisis OEE (Overall Equipment Effectiveness) es una herramienta fundamental para evaluar la eficiencia de las inyectoras de plástico, al medir su disponibilidad, rendimiento y calidad. Este análisis permite identificar áreas de mejora en el proceso productivo y es la base para implementar estrategias de mantenimiento que optimicen el funcionamiento de la maquinaria.

Para lograr una gestión de mantenimiento integral y efectiva, se pueden aplicar las siguientes estrategias:

ESMED (Estrategia de Mantenimiento Estandarizado): Se centra en la sistematización y estandarización de los procedimientos de mantenimiento. Con ESMED se planifican intervenciones de manera regular y estructurada, lo que garantiza que las acciones de mantenimiento se realicen de forma consistente y eficiente.

RCA (Root Cause Analysis - Análisis de la Causa Raíz): Esta metodología se utiliza para identificar y eliminar las causas fundamentales de las fallas. Al aplicar RCA, se pueden abordar de manera efectiva los problemas recurrentes, evitando la repetición de errores y reduciendo el impacto de las fallas en la producción.

RCM (Reliability-Centered Maintenance - Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad): RCM se enfoca en maximizar la confiabilidad de los equipos mediante un enfoque basado en la criticidad de las funciones y en la evaluación del riesgo, esto permite priorizar las intervenciones de mantenimiento.

La integración de estas estrategias en el mantenimiento de las inyectoras de plástico no solo mejora la eficiencia operativa y la calidad del producto final, sino que también contribuye a una mayor seguridad en el entorno de trabajo y a la reducción de costos operativos.

Abstract

TITLE: Evaluate the Effectiveness of Plastic Injection Machines at NAVCAR SAS by Measuring Overall Equipment Effectiveness, Considering Availability, Performance, and Quality, in Order to Identify Productivity and Improvement Opportunities in the Process.

AUTHORS: Handerson Arley Acero Murillo
Rafael Emiro Romero Ramírez

KEYWORDS: OEE Analysis, Plastic Injection Machines, Operational Efficiency, Availability, Performance, and Quality, Maintenance Strategies, ESMED (Standardized Maintenance Strategy), RCA (Root Cause Analysis), RCM (Reliability-Centered Maintenance), Comprehensive Maintenance, Workplace Safety, Reduction of Operating Costs

DESCRIPTION: The OEE (Overall Equipment Effectiveness) analysis is a fundamental tool for assessing the efficiency of plastic injection machines by measuring their availability, performance, and quality. This analysis helps identify areas for improvement in the production process and serves as the basis for implementing maintenance strategies that optimize the operation of the machinery.

To achieve integrated and effective maintenance management, the following strategies can be applied:

ESMED (Standardized Maintenance Strategy): This strategy focuses on systematizing and standardizing maintenance procedures. With ESMED, interventions are planned on a regular and structured basis, ensuring that maintenance actions are carried out consistently and efficiently.

RCA (Root Cause Analysis): This methodology is used to identify and eliminate the root causes of failures. By applying RCA, recurrent problems can be effectively addressed, avoiding the repetition of errors and reducing the impact of failures on production.

RCM (Reliability - Centered Maintenance): RCM focuses on maximizing the reliability of equipment through an approach based on the criticality of functions and risk assessment, which allows for the prioritization of maintenance interventions.

Integrating these strategies in the maintenance of plastic injection machines not only improves operational efficiency and the quality of the final product, but also contributes to greater safety in the work environment and a reduction in operating costs.

Introducción

La presente monografía se centra en evaluar la efectividad de las inyectoras de plástico en el contexto industrial, mediante la medición del Overall Equipment Effectiveness (OEE), un indicador clave que integra la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de los equipos. El análisis OEE se ha consolidado como una herramienta fundamental para identificar áreas de mejora en los procesos productivos, permitiendo a las empresas optimizar sus operaciones y aumentar la competitividad en un mercado cada vez más exigente.

En paralelo, este trabajo explora la aplicación de metodologías de mantenimiento y mejora continua, específicamente SMED (Single-Minute Exchange of Die), RCA (Root Cause Analysis) y RCM (Reliability-Centered Maintenance). La metodología SMED se enfoca en reducir los tiempos de cambio de herramienta, facilitando una transición rápida entre procesos y minimizando los periodos de inactividad. Por su parte, el RCA permite identificar y abordar las causas raíz de las fallas, evitando la recurrencia de problemas que afecten la producción. Finalmente, el RCM se orienta a maximizar la confiabilidad de los equipos a través de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo, priorizando intervenciones en función de la criticidad y el riesgo asociado.

Mediante la integración del análisis OEE con estas metodologías, el presente trabajo busca ofrecer un enfoque integral que contribuya a la optimización del funcionamiento de las inyectoras de plástico, reduciendo costos operativos, incrementando la productividad y asegurando una calidad constante en el producto final. Se espera que los hallazgos y propuestas aquí desarrolladas sirvan de base para la toma de decisiones estratégicas en el área de mantenimiento de la empresa NAVCAR, impulsando la mejora continua y la innovación en el sector.

1. Planteamiento del problema

En NAVCAR, contamos con equipos de inyección de plástico y sistemas electromecánicos de vanguardia, diseñados para garantizar la competitividad y calidad en la industria. Para mantener estos estándares, es fundamental evaluar la trazabilidad de los productos, asegurando que nuestros activos operen con alta confiabilidad y disponibilidad, evitando interrupciones en la cadena de producción.

1.1. Problemas Identificados

Actualmente, enfrentamos diversos desafíos operativos que impactan la eficiencia de nuestros procesos productivos, entre ellos:

Pérdidas o paros atribuibles a las Maquinas generando tiempos de inactividad no programados.

Afectación de rendimiento y desempeño para el producto final.

Tiempos muertos entre referencias por problemas operativos o ineficiencia en el flujo de trabajo

Falta de un sistema consolidado de medición del desempeño de los equipos, lo que limita la optimización del mantenimiento y la producción.

1.2. Propuesta de Solución

Para abordar estos problemas, buscamos implementar una metodología en la gestión del mantenimiento, que permita una supervisión, medición y control eficiente, facilitando la toma de decisiones estratégicas en los procesos de fabricación. Nuestro objetivo es mejorar el desempeño global de los equipos productivos y optimizar su eficiencia operativa.

En el caso de las máquinas de moldeo por inyección, el proceso inicia con la inserción de resina plástica, que posteriormente se moldea en los productos finales. Para medir la eficiencia de

estos equipos, utilizamos el indicador OEE (Eficiencia Global de los Equipos), el cual evalúa tres factores clave: disponibilidad, rendimiento y calidad.

A nivel mundial, un OEE del 85% se considera la estándar clase mundial. Si el OEE de una máquina está por debajo de este porcentaje, indica posibles problemas en disponibilidad, rendimiento o calidad del producto final. Para abordar estas deficiencias, realizamos un análisis empleando el diagrama de Pareto y la técnica de los cinco porqués, (RCA) lo que nos permite identificar las causas raíz y aplicar mejoras efectivas.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Evaluar la efectividad de las inyectoras de plástico en NAVCAR SAS mediante la medición de la eficiencia global, considerando disponibilidad, rendimiento y calidad, con el fin de identificar la productividad y las oportunidades de mejora en el proceso.

2.2. Objetivos Específicos

Implementar el método SMED en las inyectoras de plástico para reducir un 30 %, pasando de 3h a 2h los tiempos de cambio de herramientas en cada montaje, disminuyendo los tiempos de inactividad y así aumentando la eficiencia del proceso productivo de las máquinas en un 16 %.

Implementar el análisis de causas raíz (RCA-ACR) para identificar modos de falla en el sistema de temperatura, eliminando las principales causas de ineficiencia en el proceso de inyección de plástico, con el fin de disminuir el costo de parada global en un 20%.

Aplicar la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en las inyectoras de plástico, con el fin de identificar los modos de falla asociados al sistema de inyección, e implementar un plan de mantenimiento basado en condición (CBM) específicamente en el sistema de calentamiento de la inyectora marca WELLTEC, esto permitirá disminuir el costo del mantenimiento en un 2%.

3. Marco Teórico

3.1. Análisis de Pareto

El análisis de Pareto es una herramienta clave en el mantenimiento industrial, ya que permite identificar y priorizar los problemas más críticos en los equipos. Su implementación en las máquinas de inyección de plástico sigue los siguientes pasos:

Recopilación de datos: Se registran fallos históricos, tiempos de inactividad, costos de reparación y demás métricas relevantes.

Clasificación de fallos: Los datos recopilados se agrupan por tipo de fallo, como mecánicos, eléctricos o de software.

Análisis de impacto: Se jerarquizan los fallos en función de su repercusión en la producción y los costos asociados.

Elaboración del diagrama de Pareto: Se representa gráficamente la frecuencia e impacto acumulado de los fallos, identificando los problemas más significativos.

Priorización de acciones: Con base en el principio de Pareto (80/20), se enfocan los esfuerzos en solucionar el 20% de los problemas que generan el 80% de las fallas.

3.2. Identificación de los principales fallos en las máquinas de inyección

Se han identificado los siguientes componentes críticos propensos a fallos en las máquinas inyectoras:

Sistema de inyección: Desgaste de boquillas, obstrucciones, fallos en el tornillo o el cilindro.

Sistema de enfriamiento: Problemas en los sistemas de refrigeración que provocan sobrecalentamiento y defectos en los productos.

Sistemas hidráulicos y neumáticos: Fallos en bombas, válvulas y cilindros que afectan la presión y el flujo.

Controladores eléctricos: Errores en PLC, sensores, relés y otros componentes eléctricos.

Sistema de cierre: Desgaste en bisagras, desajustes en guías del molde y problemas de alineación.

3.3. Mejora continua y tiempo medio entre fallos (MTBF)

El análisis de Pareto no es un proceso aislado; se debe realizar un monitoreo continuo para evaluar si las mejoras implementadas han reducido las fallas y, en función de los resultados, ajustar las estrategias de mantenimiento.

El Tiempo Medio entre Fallos (MTBF) se calcula con la siguiente fórmula:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Numero de paradas}}$$

El seguimiento de este indicador permite medir la efectividad de las acciones correctivas implementadas y mejorar la disponibilidad de los equipos.

3.4. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM (Total Productive Maintenance) es un enfoque que busca mejorar la eficiencia de las máquinas de inyección involucrando a todos los empleados en el mantenimiento y mejora continua. Su propósito es prevenir fallos y optimizar la disponibilidad, rendimiento y calidad del equipo.

3.4.1. *Objetivos del TPM en sistemas de inyección de plástico*

Maximizar el tiempo de operación: Reduciendo tiempos de inactividad y aumentando la disponibilidad de las inyectoras.

Aumentar la eficiencia: Optimizando el rendimiento y reduciendo desperdicios.

Garantizar la calidad: Minimizando defectos y variaciones en los productos fabricados.

Reducir costos: Implementando estrategias de mantenimiento preventivo para evitar reparaciones costosas.

Fomentar la participación del personal: Involucrando a todos los niveles de la organización en el mantenimiento y la mejora continua.

3.4.2. *Implementación del TPM en NAVCAR*

Para la aplicación del TPM en NAVCAR, se propone:

Mantenimiento autónomo: Los operadores realizan inspecciones y mantenimientos básicos.

Mantenimiento programado: Se establecen planes preventivos con inspecciones regulares y cambios de piezas críticas.

Mantenimiento de calidad: Ajuste de parámetros en los procesos de inyección para garantizar estándares de producción.

Mantenimiento de seguridad: Revisión y actualización de protocolos para proteger a los operadores.

Mantenimiento en proceso: Mejoras en el diseño de moldes para optimizar tiempos de cambio.

Mantenimiento de capacitación: Formación continua del personal en mejores prácticas y nuevas tecnologías.

Mantenimiento de ingeniería: Implementación de mejoras en los equipos para incrementar su confiabilidad.

Mantenimiento de gestión: Uso de indicadores clave para la toma de decisiones estratégicas.

4. Marco Conceptual para Inyectoras WELLTEC

4.1. Inspección y Lubricación de Piezas Críticas

4.1.1. Husillos y Barriles

En las inyectoras WELLTEC, estos componentes son esenciales para la plastificación, ya que facilitan la fusión y homogeneización del material. La realización de inspecciones periódicas permite identificar signos de desgaste o daños, mientras que una lubricación adecuada reduce la fricción. Esto previene el deterioro acelerado y extiende la vida útil de estos elementos, garantizando un rendimiento constante de la máquina.

4.1.2. Boquillas y Moldes

La integridad de las boquillas y moldes es crucial para obtener productos de alta calidad. En las inyectoras WELLTEC, la limpieza y revisión constante de las boquillas evita obstrucciones que puedan interrumpir el flujo del plástico. Además, mantener los moldes libres de residuos y aplicar una lubricación adecuada asegura un flujo uniforme del material, minimizando la aparición de defectos en las piezas moldeadas.

4.1.3. Partes Móviles

Componentes como las guías lineales y los mecanismos de cierre requieren un cuidado especial. En las inyectoras WELLTEC, la inspección regular y una lubricación precisa de estas partes garantizan movimientos suaves y exactos, fundamentales para la estabilidad y eficiencia del proceso de inyección. Un mantenimiento adecuado en estas áreas reduce vibraciones y desgaste, contribuyendo a una producción consistente y de alta calidad.

4.2. Estrategias de Mantenimiento: Preventivo, Correctivo y Predictivo

4.2.1. Mantenimiento Preventivo

Esta estrategia se basa en la planificación de acciones periódicas –como inspecciones, ajustes y lubricación– que permitan anticipar y evitar fallas antes de que ocurran. En las inyectoras WELLTEC, un programa preventivo garantiza que la maquinaria opere en condiciones óptimas, favoreciendo una producción continua y manteniendo la calidad del producto.

4.2.2. Mantenimiento Correctivo

Consiste en intervenciones específicas para reparar fallas o averías que se manifiesten durante el funcionamiento. Aunque es inevitable en ciertos casos, una sólida estrategia de mantenimiento preventivo en las inyectoras WELLTEC minimiza tanto la frecuencia como la magnitud de estas intervenciones, reduciendo así el tiempo de inactividad y los costos asociados.

4.3. Implementación de Programas de Mantenimiento

4.3.1. Planificación y Registro

Es esencial desarrollar un plan de mantenimiento detallado que especifique las tareas a realizar, la frecuencia de cada intervención y los responsables. En el contexto de las inyectoras WELLTEC, llevar un registro sistemático y actualizado de todas las actividades permite identificar

patrones de desgaste y áreas críticas, facilitando la mejora continua del proceso y una toma de decisiones más informada.

4.3.2. Uso de Tecnologías Avanzadas

La integración de herramientas digitales, como sistemas de monitoreo en tiempo real y software especializado en gestión de mantenimiento (CMMS), potencia la detección temprana de anomalías en las inyectoras WELLTEC. Estas soluciones permiten recopilar y analizar datos de forma continua, optimizando el rendimiento de la maquinaria y reduciendo los tiempos de inactividad no planificados.

4.4. Beneficios de una Estrategia de Mantenimiento Eficaz en Inyectoras WELLTEC

4.4.1. Aumento de la Productividad

Al mantener las inyectoras WELLTEC en condiciones óptimas mediante un mantenimiento preventivo y predictivo, se reducen significativamente los tiempos de inactividad. Esto evita interrupciones inesperadas en la producción, garantizando un flujo continuo y maximizando la eficiencia operativa de la línea de moldeo.

4.4.2. Mejora en la Calidad del Producto

Un programa de mantenimiento riguroso y sistemático asegura que cada componente crítico de las inyectoras WELLTEC funcione de forma consistente. Como resultado, las piezas moldeadas cumplen de manera uniforme con los estándares de calidad establecidos, reduciendo la tasa de rechazos y re trabajos, lo que fortalece la reputación de la empresa y aumenta la satisfacción del cliente.

4.4.3. Incremento en la Seguridad Operativa

La gestión adecuada del mantenimiento de las inyectoras WELLTEC reduce el riesgo de fallos que puedan desencadenar accidentes laborales o daños en la infraestructura. Al mantener los

equipos en estado óptimo, se protege tanto al personal como a la maquinaria, disminuyendo la probabilidad de paradas no planificadas causadas por emergencias operativas.

4.4.4. Optimización de Recursos y Reducción de Costos

Evitar fallas graves y prolongar la vida útil de las inyectoras WELLTEC mediante estrategias de mantenimiento integrales permite optimizar el uso de repuestos y recursos. Esta planificación preventiva no solo minimiza los costos operativos a largo plazo, sino que también facilita una mejor asignación y planificación financiera, contribuyendo a la sostenibilidad económica de la empresa.

4.5. Mantenimiento Predictivo en Inyectoras de Plástico WELLTEC

El mantenimiento predictivo se fundamenta en la supervisión continua de la maquinaria para anticipar y prevenir fallas antes de que se conviertan en problemas mayores. Su implementación en las inyectoras de plástico WELLTEC se caracteriza por:

4.5.1. Monitoreo Continuo y Avanzado

Se emplean técnicas como el análisis de vibraciones, la termografía y el monitoreo de condiciones en tiempo real. Estas herramientas permiten detectar signos de desgaste o anomalías en componentes críticos, facilitando intervenciones oportunas.

4.5.2. Reducción de Tiempos de Inactividad

La detección temprana de problemas posibilita planificar intervenciones programadas, lo que minimiza las paradas no planificadas y asegura una producción continua y eficiente.

4.5.3. Optimización de Recursos y Planificación

Con la información obtenida del monitoreo, se puede priorizar y programar el mantenimiento de forma más eficiente, optimizando el uso de repuestos, mano de obra y tiempo operativo, lo que se traduce en una mayor productividad.

4.5.4. Beneficios a Largo Plazo

La adopción de un enfoque predictivo no solo mejora la confiabilidad de las máquinas WELLTEC, sino que también reduce los costos asociados a reparaciones imprevistas y extiende la vida útil de la maquinaria, contribuyendo al éxito global de la operación.

4.6. Frecuencia y Programación del Mantenimiento

4.6.1. Determinación de Intervalos

La frecuencia del mantenimiento preventivo debe definirse en función de múltiples variables, como la complejidad del molde, el tipo de material procesado y las condiciones operativas a las que se somete la máquina. Por ejemplo, moldes que trabajan con materiales abrasivos o con cargas de fibra tienden a experimentar un desgaste acelerado, lo que requiere intervalos de mantenimiento más cortos para asegurar un funcionamiento óptimo y prevenir fallas inesperadas.

4.6.2. Registro y Seguimiento

Es esencial llevar un historial detallado de todas las actividades de mantenimiento. Esto incluye registrar fechas, tareas realizadas, observaciones y resultados de las intervenciones. Un seguimiento minucioso permite identificar patrones de desgaste y evaluar la efectividad de las acciones de mantenimiento, facilitando la planificación de futuras intervenciones de manera proactiva y eficiente.

4.7. Implementación de Tecnologías Avanzadas

La incorporación de tecnologías avanzadas es clave para optimizar la gestión y el mantenimiento en el proceso de inyección de plásticos. Estas herramientas permiten mejorar la supervisión, anticipar fallas y garantizar la calidad del producto final.

4.7.1. Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real

4.7.2. Beneficios de los Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real

4.7.2.1. Detección Temprana de Anomalías. Al monitorear de forma constante variables críticas, es posible identificar desviaciones y anomalías antes de que se conviertan en fallas mayores. Esto permite programar intervenciones preventivas, reduciendo los tiempos de inactividad y los costos asociados al mantenimiento.

4.7.2.2. Optimización de la Calidad del Producto. El control continuo de las condiciones del proceso asegura que las piezas moldeadas cumplan con los estándares de calidad requeridos. Esto minimiza la tasa de productos defectuosos y reduce la necesidad de retrabajos, garantizando un producto final consistente y de alta calidad.

4.7.2.3. Mejora de la Eficiencia Operativa. La disponibilidad de datos precisos y en tiempo real permite realizar ajustes inmediatos en el proceso de producción. Esto optimiza el rendimiento de las máquinas inyectoras, maximiza la utilización de recursos y contribuye a una mayor eficiencia operativa en toda la línea de producción.

4.7.3. Software de Gestión de Mantenimiento

La implementación de herramientas digitales en la gestión del mantenimiento permite planificar, ejecutar y hacer seguimiento de las actividades de manera más eficiente, reduciendo errores humanos y optimizando recursos. En NAVCAR, se utiliza Siesa Enterprise, un software

ERP diseñado para centralizar y optimizar los procesos empresariales, proporcionando información confiable para la toma de decisiones estratégicas.

Entre sus capacidades destacan:

4.7.4. Mantenimiento de Listas de Materiales

Permite gestionar y actualizar listas de materiales en niveles simples y múltiples, facilitando el seguimiento de insumos críticos y la reposición oportuna de repuestos necesarios para las intervenciones de mantenimiento.

4.7.5. Gestión de Listas Planificadas

La herramienta permite la elaboración de pronósticos y planificaciones por grupos de productos, lo que ayuda a priorizar y programar las tareas de mantenimiento en función de la demanda y el rendimiento operativo.

4.7.6. Integración de Información

Al centralizar los datos empresariales, Siesa Enterprise facilita la coordinación entre diferentes áreas, lo que permite una respuesta más rápida y eficiente ante incidencias y necesidades de mantenimiento.

4.8. Reducción de Costos Operativos en una Estrategia de Mantenimiento Integral

Una estrategia integral de mantenimiento, basada en programas preventivos y predictivos, impacta positivamente en la reducción de costos operativos. Esta estrategia no solo minimiza las intervenciones correctivas de alto costo, sino que también optimiza el uso de recursos y prolonga la vida útil de los equipos. A continuación, se detallan los beneficios específicos:

4.8.1. Prevención de Fallas Costosas

La implementación de mantenimiento preventivo y predictivo permite detectar y corregir problemas en etapas tempranas, evitando la ocurrencia de fallas graves que requerirían

reparaciones complejas o el reemplazo de componentes costosos. Invertir en mantenimiento se traduce en ahorros significativos, ya que se reduce la necesidad de intervenciones de emergencia.

4.8.2. Optimización de Recursos

Al planificar y programar de manera proactiva las intervenciones, se disminuyen los tiempos de inactividad imprevistos. Esto contribuye a mantener la continuidad en la producción y garantiza un uso más eficiente de los recursos humanos y materiales, reduciendo pérdidas en la cadena productiva.

4.8.3. Prolongación de la Vida Útil de los Equipos

La realización de revisiones periódicas y el cuidado adecuado de componentes críticos (como husillos, barriles, boquillas y partes móviles) permiten que las inyectoras operen en condiciones óptimas durante períodos más largos. Esto retrasa la necesidad de adquirir nuevos equipos, generando ahorros significativos a largo plazo.

4.8.4. Ahorro en Repuestos y Reparaciones

La detección temprana del desgaste o anomalías permite intervenciones oportunas que reducen el uso innecesario de repuestos y evitan reparaciones de emergencia. Al prevenir el agravamiento de fallos menores, se disminuyen los costos asociados a reparaciones mayores.

4.8.5. Mejora en la Planificación Financiera

La integración de herramientas digitales para el seguimiento en tiempo real (por ejemplo, sistemas CMMS) facilita la presupuestación de las actividades de mantenimiento. Esto permite prever los gastos asociados, optimizar la asignación de recursos financieros y planificar inversiones de manera más eficiente.

4.8.6. Mejora en la Calidad del Producto Final

Mantener equipos en óptimas condiciones operativas asegura que las piezas producidas cumplan consistentemente con las especificaciones requeridas, reduciendo la tasa de rechazos y re trabajos. Esto no solo eleva la calidad del producto final, sino que también fortalece la imagen de la empresa en el mercado.

4.9. Capacitación Continua del Personal en Inyectoras WELLTEC

4.9.1. Programas de Formación Integral

Desarrollar e implementar programas de capacitación que abarquen desde los fundamentos operativos básicos hasta técnicas avanzadas de mantenimiento y diagnóstico específico para las inyectoras WELLTEC. Estos programas deben incluir módulos prácticos y teóricos, formación en el uso de tecnologías de monitoreo y sistemas digitales, y simulaciones de escenarios de fallas. Un personal altamente capacitado no solo es capaz de detectar problemas de forma temprana, sino también de ejecutar intervenciones precisas y eficientes que optimicen la operatividad de la maquinaria.

4.9.2. Fomento de una Cultura de Mejora Continua

Crear un entorno de trabajo donde se incentive la retroalimentación constante y la actualización en las prácticas de mantenimiento. Esto puede lograrse mediante talleres periódicos, sesiones de actualización tecnológica y la implementación de sistemas de gestión del conocimiento. Adaptarse a nuevas tecnologías y metodologías emergentes permitirá al equipo mantenerse a la vanguardia, mejorando la eficiencia y prolongando la vida útil de las inyectoras WELLTEC.

4.10. Factores que Influyen en la Frecuencia del Mantenimiento en Inyectoras WELLTEC

4.10.1. Material del Molde de Inyección

Los moldes fabricados en aluminio tienden a desgastarse más rápidamente que los de acero debido a sus propiedades intrínsecas. Esta mayor tasa de desgaste demanda intervalos de mantenimiento más cortos para preservar la precisión y el rendimiento del proceso de inyección.

4.10.2. Complejidad del Molde

Los moldes que incorporan mecanismos complejos o que requieren tolerancias muy ajustadas están expuestos a un mayor desgaste debido a la sofisticación de sus componentes. Este nivel de complejidad implica la necesidad de realizar inspecciones y mantenimientos más exhaustivos y frecuentes para asegurar un funcionamiento óptimo.

4.10.3. Material de Inyección

El uso de materiales reforzados con cargas de fibra, como la fibra de vidrio o carbono, incrementa la abrasividad durante el proceso de inyección. Este factor acelera el desgaste del molde, lo que exige ajustar la frecuencia y los procedimientos de mantenimiento para prevenir daños y garantizar la calidad del producto final.

4.11. Implementación de Programas de Mantenimiento Preventivo

4.11.1. Inspecciones Frecuentes

Realizar inspecciones periódicas y sistemáticas es fundamental para garantizar la longevidad de la máquina y la estabilidad del proceso de inyección. Estas revisiones permiten detectar de forma temprana posibles anomalías o desgastes, facilitando intervenciones rápidas que eviten interrupciones en la producción y aseguren el rendimiento óptimo de la inyectora.

4.11.2. Limpieza y Lubricación

La limpieza regular y la aplicación adecuada de lubricantes en las partes móviles y componentes críticos del molde son esenciales para mantener un funcionamiento fluido y prevenir la acumulación de residuos. Estas prácticas no solo contribuyen a prolongar la vida útil de la maquinaria, sino que también garantizan que el proceso de inyección se realice bajo condiciones óptimas, reduciendo el riesgo de fallas y defectos en el producto final.

4.11.3. Reemplazo de Componentes Desgastados

La identificación temprana y el reemplazo oportuno de piezas que muestran signos de desgaste son acciones clave para evitar fallas mayores. Sustituir los componentes críticos antes de que alcancen un estado de deterioro avanzado no solo protege la integridad de la inyectora WELLTEC, sino que también asegura que la calidad del producto final se mantenga conforme a los estándares requeridos.

4.12. Mantenimiento Predictivo en Inyectoras WELLTEC

4.12.1. Monitoreo de Condiciones

En las inyectoras WELLTEC se utilizan tecnologías avanzadas que permiten el monitoreo en tiempo real de parámetros críticos, tales como temperatura, presión, velocidad y posición. Este seguimiento continuo facilita la detección temprana de anomalías y posibles desviaciones en el rendimiento, permitiendo implementar acciones preventivas antes de que se materialicen fallas, y garantizando así un funcionamiento óptimo de la maquinaria.

4.12.2. Análisis de Datos

La recopilación y el análisis sistemático de datos históricos relacionados con el funcionamiento y las actividades de mantenimiento en las inyectoras WELLTEC permiten

identificar tendencias y patrones de desgaste. Esta información resulta esencial para programar intervenciones específicas y ajustar el plan de mantenimiento predictivo, mejorando la eficiencia operativa y minimizando la probabilidad de fallas imprevistas.

4.13. Beneficios de una Estrategia de Mantenimiento Integral

Una estrategia de mantenimiento integral, que combine acciones preventivas, predictivas y correctivas, es fundamental para garantizar el rendimiento óptimo de las inyectoras WELLTEC. Esta estrategia se traduce en beneficios tangibles que impactan tanto en la operatividad de la maquinaria como en la rentabilidad del proceso productivo. A continuación, se detallan los beneficios principales:

4.13.1. Reducción de Costos Operativos

Prevención de Fallas Costosas: La detección temprana de problemas mediante inspecciones y monitoreo continuo evita reparaciones de emergencia y reemplazos costosos.

Optimización del Uso de Recursos: Al programar intervenciones de mantenimiento en función de la necesidad real, se minimiza el gasto en repuestos y se evita la pérdida de productividad por paradas no planificadas.

Control Presupuestario: La planificación anticipada permite prever los gastos asociados, facilitando una mejor asignación de los recursos financieros.

4.13.2. Aumento de la Productividad

Disminución de Tiempos de Inactividad: Un mantenimiento preventivo bien ejecutado reduce las paradas inesperadas, asegurando una producción continua y constante.

Maximización de la Capacidad Operativa: Las inyectoras WELLTEC, al estar en condiciones óptimas, operan a su máxima eficiencia, lo que se traduce en una mayor producción sin sacrificar la calidad.

Mejor Gestión del Tiempo: Al programar y ejecutar actividades de mantenimiento de forma ordenada, se evita la interrupción prolongada de la línea de producción.

4.13.3. Mejora en la Calidad del Producto Final

Consistencia en el Proceso de Inyección: Un equipo bien mantenido asegura que todos los parámetros críticos se mantengan dentro de los rangos establecidos, lo que garantiza piezas moldeadas con alta precisión.

Reducción de retrocesos y Rechazos: Al minimizar las variaciones en el proceso, se disminuye la cantidad de productos defectuosos, lo que a su vez reduce la necesidad de retrocesos y el desperdicio de material.

Fortalecimiento de la Reputación: La producción de piezas de alta calidad de forma consistente refuerza la imagen de la empresa y aumenta la confianza de los clientes en el proceso productivo.

4.14. Monitoreo de Parámetros Críticos en Inyectoras WELLTEC

La implementación de tecnologías avanzadas en el monitoreo de parámetros críticos es clave para maximizar el rendimiento y la confiabilidad de las inyectoras WELLTEC. Esta estrategia innovadora se fundamenta en la integración de soluciones digitales y sistemas de control automatizados, permitiendo tanto la detección temprana de desviaciones como la toma de decisiones informadas para el mantenimiento proactivo. A continuación, se detallan los elementos esenciales:

4.14.1. Temperaturas y Presiones Inteligentes

Se instalan sensores IoT y dispositivos de control automatizado en puntos estratégicos de las inyectoras WELLTEC para monitorear de forma continua parámetros clave, como la temperatura y la presión. La información se procesa mediante algoritmos de inteligencia artificial, lo que posibilita identificar desviaciones que puedan afectar la calidad del producto o acelerar el desgaste de la maquinaria. Con esta solución, los técnicos especializados pueden intervenir de manera inmediata para ajustar los parámetros y mantener la operación en condiciones óptimas.

4.14.2. Inspección Automatizada de Sistemas de Enfriamiento

La utilización de cámaras termográficas y sensores de flujo permite la revisión en tiempo real del rendimiento de los sistemas de enfriamiento tanto de los moldes como de la máquina. Esto ayuda a detectar anomalías, como sobrecalentamientos, y a programar de forma automatizada acciones de mantenimiento preventivo, asegurando que el sistema de enfriamiento funcione siempre a niveles óptimos.

4.14.3. Reemplazo Predictivo de Componentes con Ciclos de Vida Definidos

A través del análisis de datos históricos y el uso de algoritmos de machine learning, se pueden determinar los ciclos de vida de componentes críticos (por ejemplo, juntas, sellos y resistencias) en las inyectoras WELLTEC. Este enfoque predictivo permite planificar el reemplazo de piezas antes de que ocurran fallas imprevistas, minimizando el riesgo de paradas de emergencia y asegurando una continuidad operativa.

5. Plan de trabajo

5.1. Metodología SMED

5.1.1. *Análisis Técnico y Gestión de Mantenimiento de Máquinas de Moldeo por Inyección*

Las máquinas de inyección para moldeo de plásticos son fundamentales en la producción de componentes de alta precisión y conformidad con las especificaciones del cliente. Este proceso se basa en la aplicación controlada de calor y presión para moldear materiales plásticos de manera eficiente y precisa. Para garantizar la operatividad continua de estas máquinas, se realizará un análisis técnico integral de los parámetros fundamentales como su comportamiento eléctrico, mecánico, de presión y temperatura. Este análisis se llevará a cabo mediante formatos estandarizados que aseguren la correcta recolección de datos y el diagnóstico preciso de las condiciones operativas de cada sistema.

5.1.2. *Propuesta de Mejora en Porta Molde 91 y 126 Aplicando la Metodología SMED*

La metodología SMED (Single-Minute Exchange of Die) se implementará para reducir el tiempo de preparación y cambio de moldes de 3 horas a 1 hora, lo que se traduce en un aumento significativo de la eficiencia operativa. Esta técnica se enfoca en la optimización de los procesos de cambio de herramientas o moldes, minimizando los tiempos de inactividad de la máquina y aumentando la productividad.

Los beneficios que se esperan de la implementación de SMED son:

Entregas más rápidas: Se reducirá el tiempo de cambio y preparación de las referencias, optimizando el armado y montaje de moldes.

Mejor calidad: La estandarización del proceso de cambio disminuirá los errores y defectos de ajuste, mejorando la calidad del producto final.

Mayor productividad: Minimización del tiempo inactivo de la máquina, lo que permitirá aprovechar de manera más eficiente el equipo.

5.1.3. Evaluación de Eficiencia en Porta Molde

Se evaluaron 45 referencias, de las cuales 29 lograron una mejora del 33% en eficiencia con el porta molde SMED, mientras que las otras 16 referencias mostraron un rendimiento del 20% utilizando el porta molde estándar.

5.1.4. Optimización Basada en Análisis de Datos Críticos

Además de la implementación de SMED, se utilizarán metodologías avanzadas como el análisis de Pareto para evaluar los datos críticos. Esto permitirá extraer información detallada que será esencial para la optimización continua del proceso de mantenimiento. A través de la recopilación y análisis sistemático de estos datos, se facilitará la toma de decisiones informadas para mantener la confiabilidad operativa de las máquinas.

5.1.5. Cronograma de Actividades para Mejorar la Confiabilidad Operacional

Para garantizar la continuidad y calidad del proceso de producción, se elaborará un cronograma de actividades que permitirá alcanzar un nivel de confiabilidad operacional de entre el 60% y el 80%. Este cronograma será la guía para el seguimiento y ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo y predictivo, garantizando que los equipos operen a su máxima capacidad de manera eficiente y rentable.

5.2. Análisis causa raíz (RCA)

Análisis de Causa Raíz (Root Cause Analysis, RCA): Es una metodología utilizada para identificar la causa principal o raíz de un problema, defectos o fallos en un proceso o sistema. El objetivo es abordar el problema en su origen para evitar que se repita, en lugar de solo tratar los síntomas. Se aplica en muchas industrias, como manufactura, salud y tecnología.

un RCA (Análisis de Causa Raíz) en una máquina inyectora de plástico se utiliza para identificar y resolver la causa principal de un problema recurrente o fallas en la máquina. El análisis busca no solo tratar los síntomas, sino prevenir que el problema se repita en el futuro.

Pasos para realizar un RCA (Análisis de Causa Raíz) en una máquina inyectora de plástico:

5.2.1. Definición del problema

La máquina inyectora de plástico está presentando variaciones de temperatura durante la producción, lo que genera pérdidas de tiempo y productos no conformes en el proceso.

5.2.2. Método 5W+1H aplicado a las inyectoras de plástico WELLTEC

What (Qué):

Identificar una falla recurrente en el sistema de enfriamiento que afecta la calidad del producto final.

Why (Por qué):

La falla puede deberse a una calibración inadecuada en el intercambiador de calor, desgaste prematuro de componentes o deficiencias en el mantenimiento preventivo por falta de limpieza exhaustiva en todo su sistema.

Who (Quién):

El equipo de mantenimiento y los operarios especializados en las inyectoras WELLTEC, junto con el supervisor de planta.

When (Cuándo):

La anomalía se detecta durante los periodos de alta producción, o en ciclos específicos de operación en los que las temperaturas fluctúan de forma irregular.

Where (Dónde):

En el sistema de enfriamiento intercambiador de calor del cañón, y en el sistema de refrigeración de los moldes.

How (Cómo):

Implementar un plan de mantenimiento preventivo que incluya la recalibración de válvulas de sistema de enfriamiento, la sustitución de componentes críticos y la actualización de los procedimientos de inspección y monitoreo en tiempo real.

5.2.3. Cinco "¿Por qué?" varias veces para encontrar la causa raíz

Pregunta: ¿Por qué la inyectora se detiene?

Respuesta: Porque hay variación de temperaturas

Pregunta: ¿Porque hay variación de temperaturas?

Respuesta: Porque un sensor de temperatura tiene lecturas erróneas

Pregunta: ¿Porque un sensor de temperatura tiene lecturas erróneas?

Respuesta: Porque uno de los dos conductores está aislado

Pregunta: ¿Porque uno de los dos conductores está aislado?

Respuesta: Porque es debido al desgaste natural del componente

5.2.4. Aplicación práctica en inyectoras WELLTEC

Qué: Se ha identificado una inestabilidad en el sistema de calentamiento que provoca variaciones en la calidad del producto final.

Por qué: La causa raíz podría estar vinculada a la falta de mantenimiento preventivo y a la obsolescencia de algunos componentes, como los sensores de temperatura.

Quién: El análisis involucra al equipo de mantenimiento, el personal operativo y el área de ingeniería.

Cuándo: La falla se presenta de manera recurrente en turnos de alta producción, especialmente durante los cambios de ciclo en el proceso de inyección.

Dónde: El problema se origina en el cañón y en el sistema de control térmico de las inyectoras WELLTEC.

Cómo: Se recomienda revisar y actualizar el plan de mantenimiento preventivo, recalibrar y, en caso necesario, reemplazar los componentes obsoletos, además de implementar un sistema de monitoreo en tiempo real que permita la detección temprana de desviaciones.

5.2.5. Determinación de la causa raíz

La causa raíz de la falla funcional sería la falta de inspecciones periódicas y mantenimiento preventivo, lo que resultó en el desgaste progresivo de los sensores de temperatura sin detección oportuna, llevando al equipo a una condición de falla.

5.2.6. Implementación de soluciones

Ajustar los procedimientos de mantenimiento: Establecer frecuencias de mantenimiento para el cambio de sensores de temperatura y realizar un monitoreo adecuado.

Capacitar a los operarios sobre el manejo adecuado y cuidado de la máquina

Revisar y ajustar los parámetros de inyección para asegurarse de que estén dentro de las especificaciones recomendadas en el proceso.

5.2.7. Análisis de la Norma UNE 62740 RCA en Inyectoras WELLTEC

Las inyectoras WELLTEC, reconocidas por su precisión y tecnología avanzada, requieren un enfoque detallado en el análisis de fallas para garantizar un rendimiento óptimo. La aplicación de la norma UNE 62740 RCA (Root Cause Analysis) en estas máquinas permite identificar y abordar las causas fundamentales de las fallas, mejorando la eficiencia y reduciendo los costos operativos. A continuación, se presenta un enfoque específico para WELLTEC:

5.2.5.7.1. Recopilación de Datos y Contextualización. En primer lugar, se recopilan datos históricos de las inyectoras WELLTEC, prestando especial atención a registros de mantenimiento, reportes de fallas y mediciones de parámetros críticos (temperatura, presión, tiempos de ciclo). Este análisis preliminar es crucial para identificar patrones en los fallos, tales como desviaciones en el sistema de calentamiento o problemas en la lubricación de componentes críticos.

5.2.7.2. Definición del Problema Principal. Un ejemplo concreto en las inyectoras WELLTEC podría ser:

Variaciones en la calidad del producto final debido a una ineficiencia en el sistema de calentamiento, manifestada en temperaturas inestables en el barril de plastificación.

5.2.8. Construcción del Árbol de Fallas Específico para WELLTEC

Utilizando la metodología RCA guiada por la norma UNE 62740, se estructura el árbol de fallas con niveles que reflejen las particularidades de las máquinas WELLTEC:

Calidad inconsistente en el producto final.

Desviaciones en la temperatura del barril de plastificación.

Fallas en el sistema de control de las resistencias del cañón.

Problemas en la distribución del calor en el husillo y barril.

Causas Subyacentes (Causas Raíz):

Mantenimiento preventivo insuficiente en el sistema de calentamiento, que afecta la calibración de las resistencias.

Uso inadecuado o envejecido de componentes críticos, como los sensores de temperatura o los elementos calefactores.

Deficiencias en la programación de lubricación de partes móviles que afectan la transferencia de calor y la homogeneización del material.

Cada una de estas causas se analiza a fondo para determinar su origen, permitiendo establecer acciones correctivas específicas para las inyectoras WELLTEC.

5.2.8.1. Acciones Correctivas y Plan de Mejora. Con base en el árbol de fallas, se pueden proponer medidas como:

Optimización del Mantenimiento Preventivo: Revisar y ajustar los intervalos de mantenimiento en el sistema de calentamiento y lubricación, asegurando que se realicen inspecciones más frecuentes en componentes críticos.

Actualización de Componentes y Sensores: Considerar la sustitución de sensores de temperatura y resistencias por equipos de mayor precisión y durabilidad, adaptados a las exigencias de las inyectoras WELLTEC.

Capacitación Específica: Fortalecer la formación del personal en el manejo y diagnóstico de fallas en sistemas de control térmico y lubricación, para mejorar la detección temprana y respuesta a desviaciones.

5.2.8.8.1. Validación y Seguimiento. Finalmente, es crucial implementar un sistema de seguimiento y validación que permita evaluar la efectividad de las medidas adoptadas. La monitorización continua, a través de sistemas digitales y análisis de datos en tiempo real, asegura que las intervenciones se ajusten a los requerimientos operativos de las inyectoras WELLTEC y contribuyan a la mejora continua del proceso productivo.

5.3. Mantenimiento Centrado en confiabilidad (RCM)

RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad): Es una metodología de gestión de mantenimiento que tiene como objetivo mejorar la confiabilidad de los activos y reducir los costos

operativos. Se enfoca en identificar qué mantenimiento es necesario para cada equipo o sistema, basándose en su criticidad y el impacto que su fallo podría tener en la operación.

En el contexto de una inyectora de plástico, RCM hace referencia a Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (Reliability-Centered Maintenance). Este enfoque se utiliza para maximizar la confiabilidad de los equipos (en este caso, la inyectora de plástico) y minimizar los fallos que puedan afectar la producción.

Aplicación RCM en una inyectora de plástico:

5.3.1. Identificación de los componentes críticos

Se realiza un análisis detallado de la inyectora para identificar los componentes más críticos, como el sistema hidráulico, la unidad de inyección, y el sistema de control electrónico.

Estos componentes son esenciales para el funcionamiento de la máquina y su fallo podría detener la producción.

5.3.2. Evaluación de modos de falla

Se identifican posibles fallos en los componentes, como desgaste en las bombas hidráulicas, fugas en las mangueras, o fallos en el sistema de control de temperatura.

Se evalúa la probabilidad de cada fallo y el impacto que tendría en la operación de la inyectora.

5.3.3. Planificación del mantenimiento

Elección del tipo de mantenimiento más adecuado para cada componente como, por ejemplo:

5.3.3.1.Mantenimiento preventivo. Para componentes críticos que tienen una vida útil predecible, como las bombas hidráulicas, se pueden establecer intervalos de mantenimiento preventivo.

5.3.3.2.Mantenimiento predictivo. Se usan tecnologías como el monitoreo de vibraciones o la termografía para predecir fallos en componentes como los motores eléctricos.

5.3.3.3.Mantenimiento correctivo. Para los componentes que tienen fallos inesperados, se debe tener un plan de acción rápido para reparar o reemplazar las piezas dañadas.

Esto puede incluir el monitoreo de la presión hidráulica, las temperaturas, o el desgaste de los componentes clave.

5.3.3.4.Monitoreo continuo. Se realiza un seguimiento constante de los equipos, con sensores y sistemas de monitoreo, para detectar cualquier anomalía en el funcionamiento de la inyectora antes de que ocurra un fallo grave.

Esto puede incluir el monitoreo de la presión hidráulica, las temperaturas, o el desgaste de los componentes clave.

5.3.3.5 Evaluación y ajuste continuo. Después de implementar el plan de mantenimiento, se evalúa su efectividad y se ajusta en función de los resultados y las condiciones operativas. Si un componente falla más a menudo de lo esperado, se puede ajustar el plan de mantenimiento preventivo o predictivo.

Reducción de paradas no planificadas: Al anticipar y prevenir fallos, la inyectora de plástico puede funcionar durante más tiempo sin interrupciones.

Optimización de recursos: Al aplicar mantenimiento solo cuando es necesario (en lugar de manera programada sin análisis), se optimizan los costos y recursos.

Mayor vida útil de los equipos: Con un mantenimiento adecuado, los componentes críticos de la inyectora pueden tener una vida útil más prolongada.

Este enfoque de RCM ayuda a mejorar la eficiencia y confiabilidad de la inyectora de plástico, lo que a su vez reduce costos de mantenimiento y mejora la producción.

5.3.4. Informe para Gerencia de NAVCAR

Este plan de trabajo será presentado a la gerencia de NAVCAR como una estrategia integral para optimizar el proceso de producción de termoplásticos. Se garantizará la mejora continua, la reducción de tiempos de inactividad y la mejora en la calidad y productividad del proceso, lo que tendrá un impacto directo en la rentabilidad de la empresa.

Tabla 1 Registro de actividades antes de utilizar metodología SMED

Nº	ACTIVIDAD	ACTUAL		ANÁLISIS ECRS			
		TIEMPO INTERNO	TIEMPO EXTERNO	ELIMINAR	COMBINAR	REDUCIR	SIMPLIFICAR
1	Identificación de la orden de producción: Se localiza la orden de producción correspondiente a la referencia 3979(Buje).	22 min.	10 min.	No	si	si	si
2	Ubicación de componentes: Se busca en el localizador la ubicación del porta molde y la referencia asignada	20 min.	5 min.	No	si	si	si
3	Búsqueda de elementos necesarios: Se procede a localizar físicamente el porta molde y las piezas correspondientes a la referencia 3979 (Buje).	15 min.	7 min.	No	si	si	si
4	Análisis de partes:Se inspeccionan las piezas disponibles para verificar que se encuentren en condiciones adecuadas para el armado.	20 min.	12 min.	No	si	si	si
5	Desarme del porta molde: Se inicia el desarme del porta molde para su limpieza, revisión y adecuación.	18 min.	11 min.	No	si	si	si
6	Armado de la referencia:Se realiza el armado de la referencia 3979 (Buje) conforme a las especificaciones técnicas.	30 min.	7 min.	No	si	si	si
7	Verificación y ajustes:Se verifican y ajustan las alturas y diámetros de acuerdo con el plano técnico correspondiente	35 min.	8 min.	No	si	si	si
8	Montaje en máquina:Se procede con el montaje del herramental en la máquina para dar inicio al proceso de producción.	20 min.	0	No	si	si	si
TOTAL		3 h.	2h.				

Nota: Esta tabla muestra los tiempos tomados en realizar un armado de molde sin utilizar la metodología SMED.

Tabla2 Reducción de tiempos en un armado de molde con metodología SMED.

5 min.	3 min..	40m	Alberto Camargo	Diego prieto	N/A	Con el metodo smed podemos eliminar actividades en el armado de herramental
N/A	N/A	10 m	Alberto Camargo	Diego prieto	N/A	Reducir el Tiempo, puesto que el porta molde se encuentra en en una sola ubicación
N/A	N/A	25	Alberto Camargo	Diego prieto	N/A	Traslado herramental para alistamiento de Inyectora
15 min.	4 min.	11	Alberto Camargo	Diego prieto	N/A	Con el Metodo SMED tendremos las piezas disponibles, ya que no comparte con otra referencia
N/A	N/A	25	Alberto Camargo	Diego prieto	N/A	No requiere desarme de Portamolde ya que esta actividad se realiza en la inyectora.
N/A	N/A	9	Alberto Camargo	Diego prieto	N/A	Se elimina este paso puesto que los cambios se realizan directamente a la maquina sin bajar el porta molde
N/A	N/A	12	Alberto Camargo	Diego prieto	N/A	Se realiza la ejecucion de la tarea directamente a la maquina.
40 min.	13 min.	50m	Alberto Camargo	Diego prieto	N/A	Se realiza puesta a punto de herramental para dar visto bueno a produccion
1 h.	0.3 h	132 m				

Nota: Esta tabla nos muestra la reducción de 3h. a 1h implementado metodología SMED en el armado de moldes, información tomada del autor.

Tabla 3 Tabla Pareto explicando costo de parada global en Producción antes de utilizar RCA.

ITEM	EQUIPO TAG	Horas en reparación. TTR (Horas/periodo)	Fecha	Costos por falla en producción USD\$/H	Fallas Recurrente	Costo de Materia Prima * Kgs USD (\$/periodo)	Costo de oportunidad_ producción USD Cbm (\$/periodo)	Costo de mano obra y Htas MTO USD (\$/periodo)	COSTO PARADA PERIODO GLOBAL	% PARADA DE INYECTORAS	% ACUMULADO PARADA DE INYECTORAS
1	I-141	16	11/01/2024	\$240,0	1	\$ 1.062,50	\$ 3.840,00	\$ 192,00	\$ 5.094,50	5,88%	0,00%
2	I-141	15	14/01/2024	\$225,0	1	\$ 1.062,50	\$ 3.375,00	\$ 180,00	\$ 4.617,50	5,33%	5,33%
3	I-211	12	17/01/2024	\$276,0	1	\$ 2.725,00	\$ 3.312,00	\$ 144,00	\$ 6.181,00	7,13%	12,46%
4	I-141	21	20/01/2024	\$315,0	1	\$ 1.062,50	\$ 6.615,00	\$ 252,00	\$ 7.929,50	9,15%	21,61%
5	I-141	13	22/01/2024	\$195,0	1	\$ 1.062,50	\$ 2.535,00	\$ 156,00	\$ 3.753,50	4,33%	25,94%
6	I-211	16	25/01/2024	\$368,0	1	\$ 2.725,00	\$ 5.888,00	\$ 192,00	\$ 8.805,00	10,16%	36,11%
7	I-141	11	30/01/2024	\$185,0	1	\$ 1.062,50	\$ 1.815,00	\$ 132,00	\$ 3.009,50	3,47%	39,58%
8	I-141	13	4/02/2024	\$195,0	1	\$ 1.062,50	\$ 2.535,00	\$ 156,00	\$ 3.753,50	4,33%	43,91%
9	I-211	14	7/02/2024	\$322,0	1	\$ 2.725,00	\$ 4.508,00	\$ 168,00	\$ 7.401,00	8,54%	52,45%
10	I-141	18	10/02/2024	\$270,0	1	\$ 1.062,50	\$ 4.860,00	\$ 216,00	\$ 6.138,50	7,08%	59,54%
11	I-141	9	13/02/2024	\$135,0	1	\$ 1.062,50	\$ 1.215,00	\$ 108,00	\$ 2.385,50	2,75%	62,29%
12	I-211	12	15/02/2024	\$276,0	1	\$ 2.725,00	\$ 3.312,00	\$ 144,00	\$ 6.181,00	7,13%	69,42%
13	I-141	17	22/02/2024	\$255,0	1	\$ 1.062,50	\$ 4.335,00	\$ 204,00	\$ 5.601,50	6,46%	75,89%
14	I-141	10	24/02/2024	\$150,0	1	\$ 1.062,50	\$ 1.500,00	\$ 120,00	\$ 2.682,50	3,10%	78,98%
15	I-211	9	27/02/2024	\$207,0	1	\$ 2.725,00	\$ 1.863,00	\$ 108,00	\$ 4.696,00	5,42%	84,40%
16	I-141	6	1/03/2024	\$90,0	1	\$ 1.062,50	\$ 540,00	\$ 72,00	\$ 1.674,50	1,93%	86,34%
17	I-141	4	4/03/2024	\$60,0	1	\$ 1.062,50	\$ 240,00	\$ 48,00	\$ 1.350,50	1,56%	87,89%
18	I-141	4	8/03/2024	\$60,0	1	\$ 1.062,50	\$ 240,00	\$ 48,00	\$ 1.350,50	1,56%	89,45%
19	I-211	2,5	12/03/2024	\$57,5	1	\$ 2.725,00	\$ 143,75	\$ 30,00	\$ 2.898,75	0,033453259	92,80%
20	I-141	2	15/03/2024	\$30,0	1	\$ 1.062,50	\$ 60,00	\$ 24,00	\$ 1.146,50	1,32%	94,12%
		224,5		\$3.891,5		\$ 31.225,00	\$ 52.731,75	\$ 2.694,00	\$ 86.650,75		

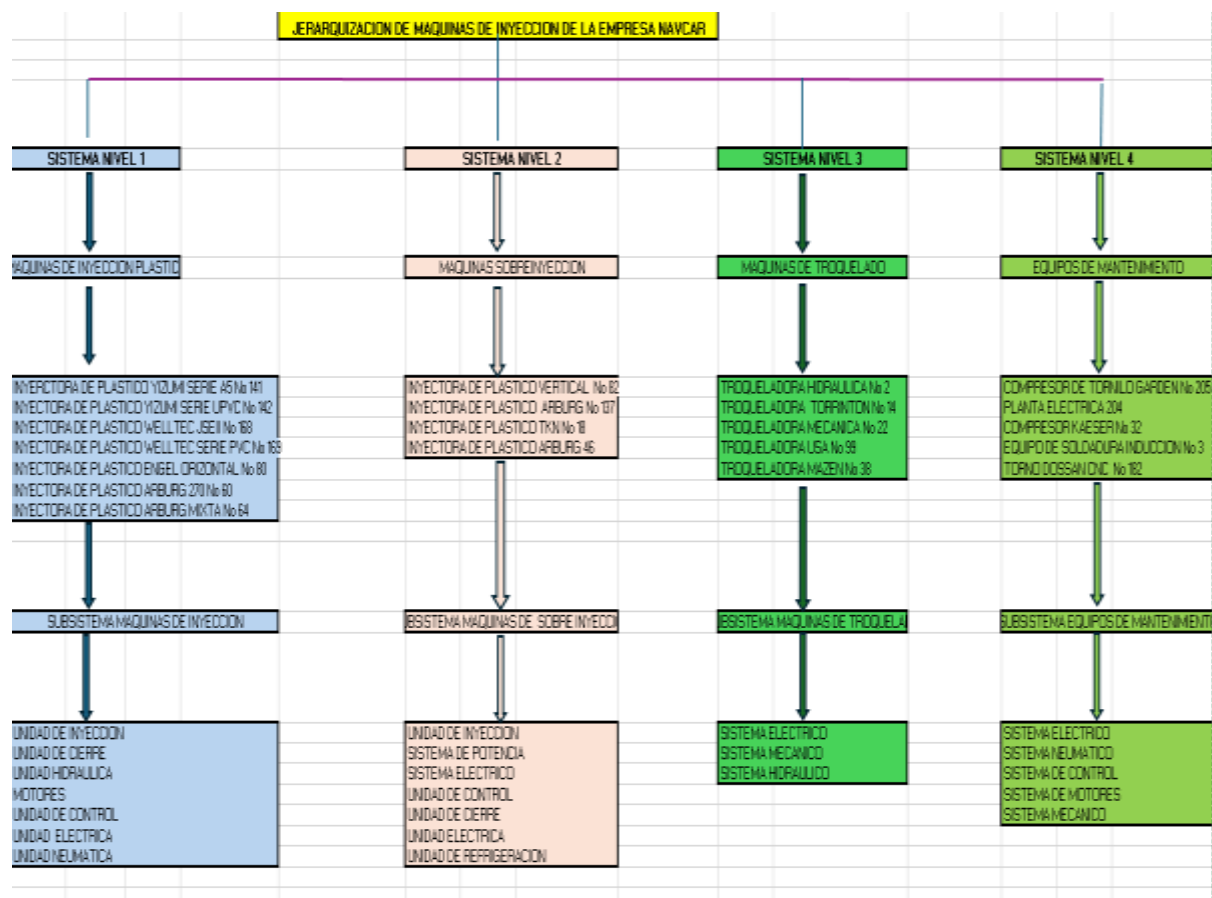
Nota: Esta tabla muestra el análisis del costo parada global, refiriéndose al costo de materia prima, costo de oportunidad de producción y costo mano de Obra antes de utilizar método RCA, información tomada del autor.

Tabla 4 Tabla Pareto explicando la reducción del costo de parada global Utilizando RCA.

ITEM	EQUIPO TAG	Horas en reparación. TTR (Horas/periodo)	Fecha	Costos por falla producción USD\$/h	Fallas/año	Costo de Materia Prima: C_rp (\$/periodo)	Costo de oportunidad producción USD Cbm (\$/periodo)	Costo de mano obra y Htas MTO USD (\$/periodo)	COSTO PARADA GLOBAL PERIODO USD	%	% ACUMULADO
1	I-211	10	15/10/2024	\$150,0	1	\$ 2.725,00	\$ 1.500,00	\$ 120,00	\$ 4.345,00	8,16%	0,00%
2	I-141	6	18/10/2024	\$90,0	1	\$ 1.062,50	\$ 540,00	\$ 72,00	\$ 1.674,50	3,14%	3,14%
3	I-141	9	25/10/2024	\$207,0	1	\$ 1.062,50	\$ 1.863,00	\$ 108,00	\$ 3.033,50	5,70%	8,84%
4	I-211	6	2/11/2024	\$90,0	1	\$ 2.725,00	\$ 540,00	\$ 72,00	\$ 3.337,00	6,26%	15,10%
5	I-141	6	13/11/2024	\$90,0	1	\$ 1.062,50	\$ 540,00	\$ 72,00	\$ 1.674,50	3,14%	18,25%
6	I-141	5	21/11/2024	\$115,0	1	\$ 1.062,50	\$ 575,00	\$ 60,00	\$ 1.697,50	3,19%	21,43%
7	I-141	9	30/11/2024	\$135,0	1	\$ 1.062,50	\$ 1.215,00	\$ 108,00	\$ 2.385,50	4,48%	25,91%
8	I-211	7	4/12/2024	\$105,0	1	\$ 2.725,00	\$ 735,00	\$ 84,00	\$ 3.544,00	6,65%	32,57%
9	I-211	6	12/12/2024	\$138,0	1	\$ 2.725,00	\$ 828,00	\$ 72,00	\$ 3.625,00	6,81%	39,37%
10	I-141	9	22/12/2024	\$135,0	1	\$ 1.062,50	\$ 1.215,00	\$ 108,00	\$ 2.385,50	4,48%	43,85%
11	I-211	8	11/01/2025	\$128,0	1	\$ 2.725,00	\$ 1.024,00	\$ 96,00	\$ 3.845,00	7,22%	51,07%
12	I-141	11	15/01/2025	\$264,0	1	\$ 1.062,50	\$ 2.904,00	\$ 132,00	\$ 4.098,50	7,69%	58,76%
13	I-141	7	22/01/2025	\$112,0	1	\$ 1.062,50	\$ 784,00	\$ 84,00	\$ 1.930,50	3,62%	62,39%
14	I-211	7	2/02/2025	\$112,0	1	\$ 2.725,00	\$ 784,00	\$ 84,00	\$ 3.593,00	6,75%	69,13%
15	I-211	2	10/02/2025	\$48,0	1	\$ 2.725,00	\$ 96,00	\$ 24,00	\$ 2.845,00	5,34%	74,47%
16	I-141	5	16/02/2025	\$80,0	1	\$ 1.062,50	\$ 400,00	\$ 60,00	\$ 1.522,50	2,86%	77,33%
17	I-141	6	24/02/2025	\$96,0	1	\$ 1.062,50	\$ 576,00	\$ 72,00	\$ 1.710,50	3,21%	80,54%
18	I-141	7	8/03/2025	\$112,0	1	\$ 1.062,50	\$ 784,00	\$ 84,00	\$ 1.930,50	3,62%	84,17%
19	I-141	2	15/03/2025	\$48,0	1	\$ 1.062,50	\$ 96,00	\$ 24,00	\$ 1.182,50	2,22%	86,39%
20	I-211	3	25/03/2025	\$48,0	1	\$ 2.725,00	\$ 144,00	\$ 36,00	\$ 2.905,00	5,45%	91,84%
		131		\$2.303,0		\$34.550,00	\$ 17.143,00	\$ 1.572,00	\$ 53.265,00	100,00%	0,00%

Nota: En esta tabla se explica la disminución del costo de oportunidad de producción, y costo de mano de obra después de haber utilizado el método RCA información tomada del autor.

Tabla 5 Jerarquización de Maquinas de Inyección de la empresa NAVCAR




Nota: Esta tabla muestra la jerarquización de Inyectoras empresa NAVCAR información tomada del Autor.

Tabla 6 Plan de Acción 5W+2H, método RCA

ACCION	OBJETO DE LA ACCION	DETALLE DE LA ACCION	APLICACION	RESPONSABLE	COSTO SUSD	CRONOGRAMA (Cuando?)											
Cual?	Que?	Como?	Donde?	Quien ?	Cuanto?	1°S	2°S	3°S	4°S	5°S	6°S	7°S	8°S	9°S	10°S	11°S	12°S
Se realizo seguimiento a la falla Sensores de Temperatura	Analisis de temperatura	Se realiza monitoreos periodicos por medio de termometro digital	En la zona critica de la maquina, cañon de inyeccion	Equipo de mantenimiento planta NAVCAR	\$ 15												
Se realiza Inspeccion a resistencias en cañon	Se realiza medicion electrica en ohm y A.	Se realiza medicion por medio de Amperimetro	En la zona critica de la maquina, cañon de inyeccion	Equipo de mantenimiento planta NAVCAR	\$ 15												
Verificacion a controladores de temperatura	Se verifica programacion interna del equipo	Se verifica parametros de programacion (software)	Se realiza verificacion en Gabinete Electrico del equipo	Equipo de mantenimiento planta NAVCAR	\$ 15												
				VALOR COSTO	\$ 45												

Nota: Esta tabla muestra el método y plan de acción de la 5W+ 2H en la metodología RCA, información tomada del Autor.

Tabla 7 Eficiencia de inyectoras de plástico de la empresa NAVCAR

																							
FORMATO DE EFICIENCIA														CANT. FABRICA			HORA DE INICIO	HORA TERMINA	FECHA FINAL DE PRODUCCION MES/DIA	FECHA FINAL DE PRODUCCION			
TURNO	A	M	D	OPERARIO	NUMERO O.P.	REF COMPONENTE	REF . P/T	CANTIDAD REQUERIDA UND.	OPERACIÓN	CAMD. UTILIZADAS	CAMD. DISPONIBLES	MANUAL	AUTOMATICO	SEMI/AUTOMATICO	TIEMPO X MT. /CICLO	CONFORMES					NO CONFORMES	MOTIVO	
	1	N/A	N/A	2	861812	BJ3979	BJ3979	2000	IB	8	8	N/A	X	N/A	3 MT	1800	200	77	7 A.M.	7:00 p. m.	10/11/2024	10/11/2024	
	1	N/A	N/A	14	861819	BJ9811	BJ9811	3000	IB	6	6	N/A	X	N/A	2.5 MT	2500	500	70	7 A.M.	10 A.M.	11/11/2024	12/11/2024	

TIPOS DE NO CONFORMES		
68. No conforme de proveedor		
69. Material contaminado		
70. Defectuosos de inyección	72. Puesta a punto	
77. Herramental no conforme		
82. Cambio de especificación	83. Pruebas y desarrollos	
86. Otros conceptos (explique)		

OPERACIONES		
Rc. Retrabajo de carcasa/bujes	Aa. Aplica adhesivo	Ex. Extrusion.
	Se. Subensamble.	
Iv. Inyección Vertical.	E. Ensamble.	
T. Trenzado.	Em. Empaque.	
Ip. Inyección plastica.	A. Almacén.	
Iz. Inyección Zamak.	Ab. Abocardado.	
Ib. Inyección Bujes.	S. Soldadura.	
R. Resortados.	Rb. Rebabado.	Ar. Armado
Htal	Ct. Costura	
Tr. Troquelado		

CODIGO POR OPERARIO.					
1. Jhon Faiver Acosta.	10. Javier Martinez	19. Edgar F. Uchuvo	28. Jhoana Pimienta	37. Mauricio Moreno	46. Andres Aguilera
2. Yolima Acero	11. Sebastian Rodriguez	20. Sebastian Flechas	29. Juan Avila G	38. Diego Acevedo	47.
3. Jesus Taboada	12. Miguel Castro	21. Nidia Rodriguez	30. Edward Rojas	39. Helena Prieto	48. Diana Velandia
4. Edwin Arevalo	13. Jeferson Rodriguez	22. Fernando Rachen	31. Jairo Mendoza	40. Jairo Pulido	49.
5. Leidy Alvarez	14. Rotmy guzman	23. Manuel Escorcia	32. Marisol Ortega	41. Rafael Escorcia	50.
6. Nestor Rodriguez	15. Alba Guacheta	24. Fredy Lopez	33. Aurora Roa	42. Andres Segura	
7. Christian Arevalo	16. Nicolas Valbuena	25. Julian Ramirez	34. Daniel Herrera	43	
8. Ivan Jojoa	17. Yesid Hernandez	26. Johan Sanchez	35. Sebastian Dueñas	44. Ferney Guzmán	
9. Yesid G Mateus	18. Nelson Lara	27. Julieth Ruiz	36. Jorge Lopez	45. Juan Payares	

Nota: Esta tabla nos indica cómo podemos registrar la eficiencia de Inyectoras empresa NAVCAR información tomada del Autor.

Tabla 8 Hoja de Decisión Metodología RCM, estrategia de mantenimiento

Cód. Func.	Función	Descripción Falla Funcional	Cód. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Economía	R. Imagen	Valor del riesgo económico USD	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS	Cod. Tarea
I-141	Calentar y transportar el plástico fundido hacia el molde para su inyección	Calefacción deficiente	201T	Bloqueo o obstrucción de plástico fundido	Se evidencia salida de gases y humo excesivo	No	Contaminación del aire	Afecta sistema respiratorio	Desperdicio material degradado	Contaminación Visual	\$ 3.062,50	Monitoreo	Seguimiento a la falla presentada en sistema de inyección por temperatura	4 Veces	Equipo de Mantenimiento	2686
I-211	Calentamiento de material plástico transformándolo de sólido a líquido para luego ser inyectado al molde.	Temperatura inadecuada	206R	Apertura de circuito eléctrico	Enfriamiento de sistema de inyección	Si	No hay riesgo	Sistema de riesgo eléctrico por exposición de conductor	Compra de repuesto (Resistencia)	N/A	\$ 4.725,00	Medición Eléctrica (Amperímetro)	Cambio de Repuesto mencionado	1 Ves	Equipo de Mantenimiento	2692
I-211	Controlar temperatura Programada	Lectura Errónea	209P	Lecturas inexactas	Afectación de producción, piezas imperfectas	No	Riesgo por contaminación del Aire	Afecta sistema respiratorio	Desperdicio material degradado	Contaminación Visual	\$ 4.725,00	Se verifica parámetros de programación (software)	Reprogramación de software en el equipo para llegar a niveles óptimos de temperatura	1 Ves	Equipo de Mantenimiento	2695

Nota: Esta tabla nos ayuda a identificar la mejor estrategia de mantenimiento, considerando diferentes opciones en tareas a condición para las inyectoras, información tomada del Autor.

Tabla 9 Comparación Registro de Datos de mantenimiento basado en condición.

Toma Lectura de Datos sin haber hecho Mantenimiento CBM								
Fecha	Zona del Barril	Temp. Setpoint (°C)	Temp. Real (°C)	Consumo (A)	Termopar OK (Si/No)	Calentador OK (Si/No)	Observaciones	Técnico Responsable
1/10/2024	Zona 1	205	194	15	No	Si	En el monitoreo se evidencia el termopar no esta fijado en su punto de operación	Simon Puentes
1/10/2024	Zona 2	213	204	15	Si	Si	Se evidencia que la zona 1 transmite temperatura a la zona 2 causando una elevacion de la misma	Simon Puentes
1/10/2024	Zona 3	205	205	15	Si	Si	Ninguna Novedad	Simon Puentes
1/10/2024	Zona 4	200	205	15	Si	Si	La temperatura se encuentra en los parametros establecidos	Simon Puentes
1/10/2024	Punta de inyección	140	200	0	Si	Si	Se evidencia que la resistencia no esta generando consumo, se realiza mediciones se encuentra que esta dañada	Simon Puentes
Toma Lectura de Datos despues de realizar Mantenimiento CBM								
Fecha	Zona del Barril	Temp. Setpoint (°C)	Temp. Real (°C)	Consumo (A)	Termopar OK (Si/No)	Calentador OK (Si/No)	Observaciones	Técnico Responsable
15/10/2024	Zona 1	198	194	15	Si	Si	Ninguna Novedad	Simon Puentes
15/10/2024	Zona 2	200	204	15	Si	Si	Ninguna Novedad	Simon Puentes
15/10/2024	Zona 3	205	199	15	Si	Si	Ninguna Novedad	Simon Puentes
15/10/2024	Zona 4	200	205	15	Si	Si	Ninguna Novedad	Simon Puentes
15/10/2024	Punta de inyección	200	200	8	Si	Si	Ninguna Novedad	Simon Puentes

Nota: Esta tabla muestra la comparación de datos antes y después de haber realizado mantenimiento CBM en inyectoras de plástico, registro tomado del Autor.

Tabla 10 Costos de Mantenimientos correctivos en Inyectoras

Mantenimiento Correctivo para Inyectora WELLTEC RCM				
Concepto	Descripción	Cant.	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Diagnóstico inicial de Inyectora de Plastico WELLTEC.	Evaluación y pruebas	1	15	15
Husillo	Cambio o rectificado	1	100	100
Cilindro	Pulido o cambio	1	80	80
Válvula antirretorno	Reemplazo	1	50	50
Calentadores	Reemplazo (unidad)	10	30	300
Sensor de temperatura	Reemplazo	5	20	100
Lubricantes y consumibles	Aceites, grasas, sellos	1	10	10
Mano de obra	Técnico especializado para desmontaje, reparación y montaje	12	15	180
Transporte	Traslado de piezas o técnicos	1	10	10
Valor Total				845

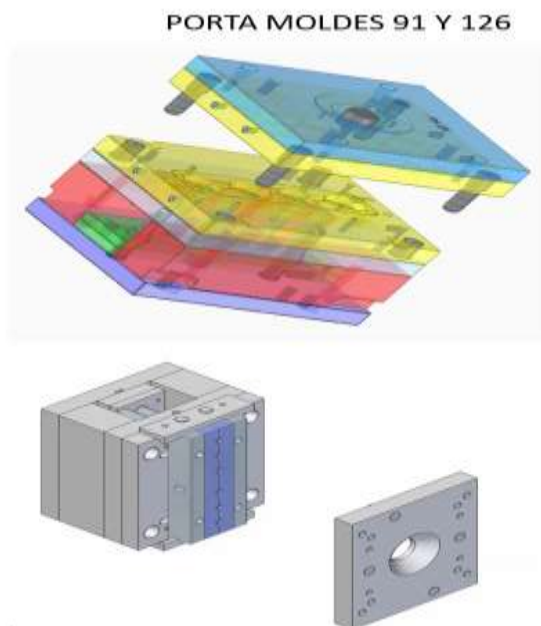
Nota: Esta tabla muestra los costos de mantenimientos correctivos para realizar comparación vs. al mantenimiento CBM.

Tabla 11 Costos de Mantenimientos utilizando monitoreo CBM en Inyectoras

Costo de Monitoreo CBM Inyectoras de Plastico WELLTEC		
Costo de PM por CBM para Inyectoras I-141, I-211	\$ 300,00	Toma 16 Horas Monitorear 2 Inyectoras WELLTEC Costo de Hora \$18.75, 8 Horas cada una Cada 3 Meses
Costo de Mano de Obra	\$ 12,00	
Personas Requeridas	2	
Costo de Tecnología	\$ 150,00	
Costos de Tecnología y mano de Obra	\$ 684,00	
Total Costo por cada Inyectora	\$ 342,00	

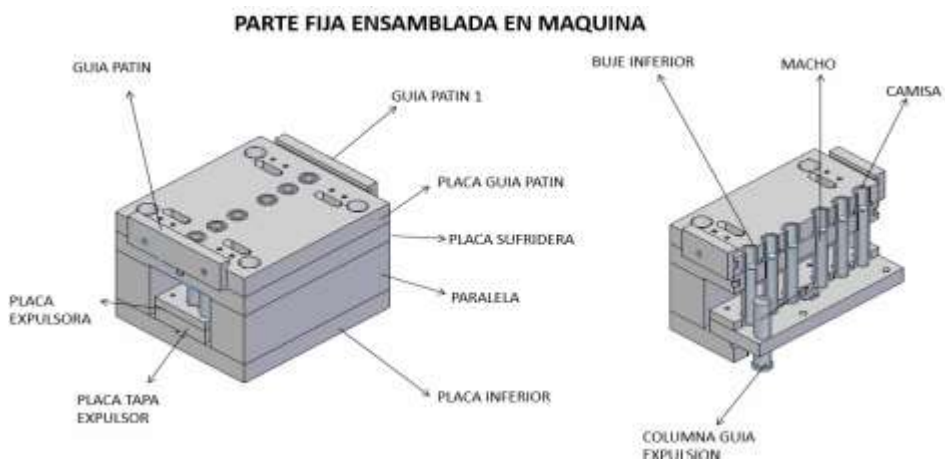
Nota: Esta tabla nos muestra el costo de mantenimiento basado en condición (CBM) vs. Mantenimiento correctivo, información tomada del autor.

Figura 1 Grafica Porta moldes SMED (Autor)



Nota: Esta tabla muestra grafica de porta moldes 91 y 126 empresa NAVCAR información tomada del Autor

Figura2: Parte fija porta molde ensamblada en Maquina.



Nota: Esta imagen muestra la forma en que esta ensamblado el porta moldes en Inyectora.

Figura 5 Barril de Plastificación



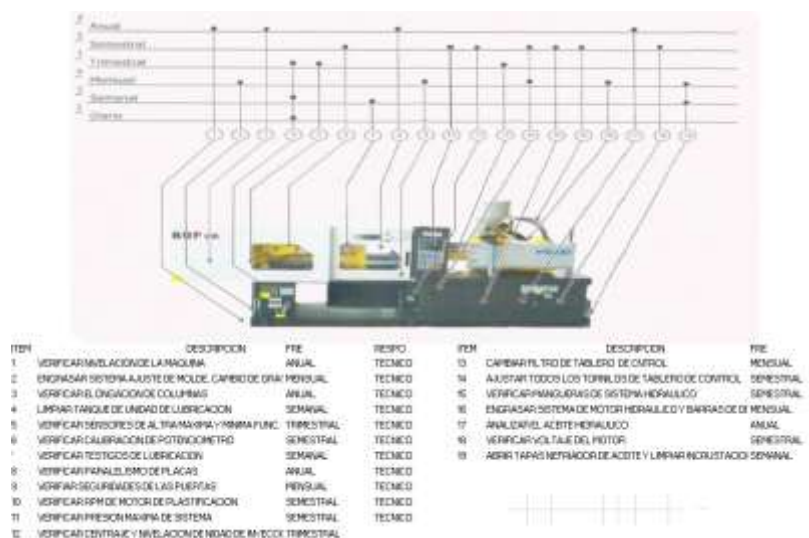
Nota. El gráfico representa Barril de plastificación, información tomada de NAVCAR, 2025

Figura 6 Bloque de Electroválvulas



Nota. El gráfico representa Bloque de electroválvulas de inyectora WELLTEC, información tomada de NAVCAR, 2025

Figura 7 Cronograma de Mantenimiento Preventivo



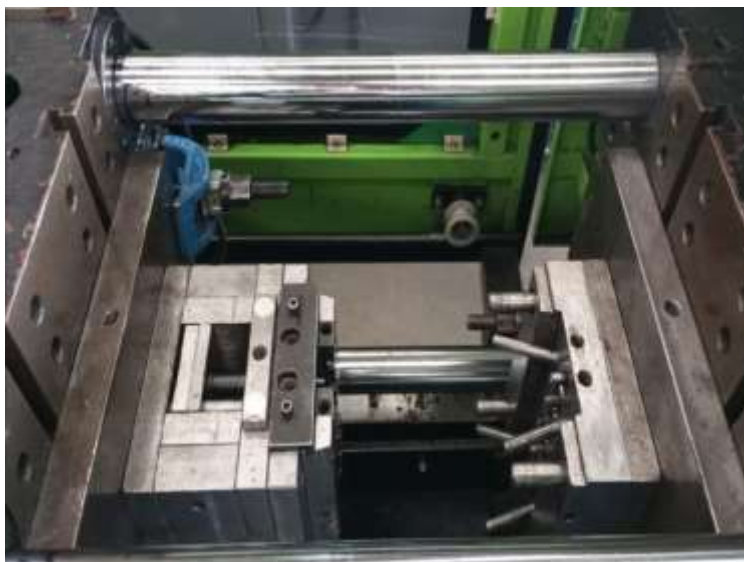
Nota. El gráfico representa Cronograma de Mantenimiento de inyectora WELLTEC, información tomada de NAVCAR, 2025

Figura 8 Producción en línea de bujes de polietileno



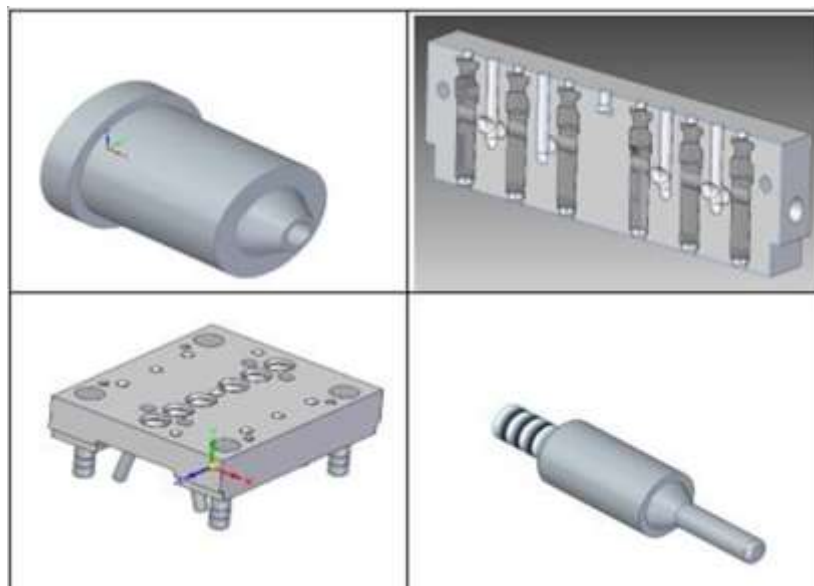
Nota. El gráfico representa Producción en línea de bujes de polietileno, información tomada de NAVCAR, 2024

Figura 9 Partes intercambiables inyectora WELLTEC



Nota: Partes intercambiables para referencias con metodología SMED, información obtenida de NAVCAR, 2025

Figura 10 Piezas sustituibles para fabricación de accesorios en inyectora WELLTEC



Nota: Piezas intercambiables Patines, machos SMED, matriz cierre patín machos superiores
(Autor).

Figura 11 Eficiencia en Producción utilizando Método SMED



Nota: Esta imagen explica la reducción de tiempo en instalación de herramientas con método SMED.

Conclusiones

La implementación de SMED en el porta moldes 91 y 126 demostró una reducción significativa en los tiempos de cambio de herramientas, logrando pasar de un armado de moldes que dura 3 horas a 1 hora, se reflejó una reducción de tiempo de un 30 % lo que impactó positivamente en la productividad y calidad del proceso, por consiguiente se redujo el número de personas que intervenían en la actividad de 3 a 1 persona.

Con la metodología utilizada SMED pudimos aumentar la eficiencia del proceso productivo de las maquinas en un 16% en cada orden de producción, pasando de 2000 componentes a 2300 en un turno de 12 horas, aumentando un mayor número de componentes.

Con la metodología SMED nos permitió implementar un plan de mantenimiento preventivo a los herramientales utilizados en el proceso de Inyección.

Con el método SMED nos permitió tener mejor calidad en el producto final y así eliminar un segundo proceso llamado material sobrante (reabado)

Pareto proporcionó información clave sobre la criticidad de los componentes y permitió priorizar estrategias de mantenimiento para reducir el tiempo de inactividad y mejorar la disponibilidad de las máquinas.

Con el análisis de la tabla Pareto pudimos concluir la disminución del costo de parada global en un 20% y así poder implementar la mejora continua en el proceso productivo.

Con la implementación de la metodología RCA y la estrategia de los 5 porqués, nos permitió llegar a la causa raíz de una de las fallas más concurrentes que es el **desgaste natural del componente.**

Nos fue de gran ayuda la herramienta 5W+2H porque nos permitió establecer las acciones de mejora o contramedidas para asegurar que el problema de temperaturas en el cañón no vuelva a suceder.

Con la matriz de decisión RCM nos permitió identificar, evaluar y planificar los riesgos asociados al entorno de las maquinas, para priorizar las acciones de controles necesarias asociadas a las inyectoras WELLTEC

A partir del análisis comparativo entre el mantenimiento correctivo y el basado en condición CBM, se logró reducir en un 2% los costos asociados a la gestión de fallas en las inyectoras.

Con la recopilación de datos utilizando CBM podemos dar una mejor confiabilidad en el sistema de inyección para tener una mayor estabilidad en temperaturas, según como se muestra en la **tabla 9**

Este trabajo ha permitido consolidar un enfoque integral para la gestión del mantenimiento de las inyectoras, demostrando que la combinación de metodologías avanzadas y el análisis de datos es clave para la toma de decisiones estratégicas en entornos industriales.

Recomendaciones

- **Implementación continua de mantenimiento basado en RCM:** Se recomienda adoptar la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para optimizar la gestión del mantenimiento, enfocándose en la criticidad de los equipos y asegurando estrategias efectivas para minimizar fallos.
- **Optimización de los tiempos de cambio de moldes con SMED:** Continuar con la aplicación de la metodología SMED en otros porta moldes y procesos de producción, con

el fin de reducir los tiempos de preparación y aumentar la disponibilidad de las inyectoras.

- **Monitoreo y análisis continuo del OEE:** Implementar un sistema de seguimiento constante del OEE (Eficiencia General del Equipo) para identificar desviaciones en la disponibilidad, rendimiento y calidad de las inyectoras. Esto permitirá tomar decisiones basadas en datos en tiempo real.
- **Capacitación del personal en metodologías de mejora continua:** Se recomienda fortalecer la formación del personal en TPM (Mantenimiento Productivo Total) para mejorar la capacidad de diagnóstico y optimización de los procesos de inyección.
- **Uso de herramientas digitales para la gestión del mantenimiento:** Integrar software de mantenimiento como Siesa Enterprise para el registro, análisis y optimización de datos, permitiendo una mejor planificación y control de las actividades de mantenimiento.
- **Aplicación del análisis de Pareto para priorizar intervenciones:** Continuar utilizando el análisis de Pareto en la gestión de fallos de las inyectoras, priorizando aquellas fallas que generan el mayor impacto en la producción y costos operativos.
- **Mejoras en el diseño y fiabilidad de los moldes:** Evaluar el diseño de los moldes y componentes clave de las inyectoras para implementar mejoras que reduzcan el desgaste y aumenten la vida útil de los equipos.

Referencias Bibliográficas

- Curso Excelencia Operacional TPM Nivel 1. (s.f.). *Scribd*.
<https://es.scribd.com/document/587399478/CURSO-Excelencia-Operacional-TPM-Nivel-1>
- Mauricio Aguilar Consultores S.A.S. (2024). Curso RCA (Análisis de Causa Raíz).
- Ortiz, D.** (s.f.). *Mantenimiento centrado en confiabilidad*. *Scribd*.
<https://es.scribd.com/document/433409549/Mantenimiento-centrado-en-confiabilidad>
- Asociación Española de Normalización (UNE). (2007). *Mantenimiento. Indicadores de rendimiento del mantenimiento (UNE-EN 15341:2007)*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0055980>
- Inicio de Búsqueda*. (n.d.). Bibliotecavirtualoducal.uc.cl. Retrieved September 19, 2024, from <http://bibliotecavirtualoducal.uc.cl/vufind/>
- Navbar - Google search*. (n.d.). Google.com. Retrieved September 16, 2024, from <https://www.google.com/search?>
- PREDICTIVA 21 revista digital de mantenimiento y confiabilidad - Google Search*. (n.d.). Google.com. Retrieved September 16, 2024, from <https://www.google.com/search?>
- Rosales, J. (n.d.). *¿Qué es el OEE y cómo se calcula?* Fracttal.com. Retrieved September 16, 2024, from <https://www.fracttal.com/es/mantenipedia/oeo-oportunidades-para-mejorar-los-pro>.
- Search*. (n.d.). Edu.Pe. Retrieved September 19, 2024, from <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/discover>
- Vallone, M., Aiello, G., Catania, P., Enea, M., La Scalia, G., & Pipitone, F. (2012). Real time continuous oxygen concentration monitoring system during malaxation for the production of Virgin Olive Oil. *Grasas y Aceites*, 63(4), 475–483. <https://doi.org/10.3989/gya.058012>