



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

“Seguimiento a fallas y equipos periféricos”

REPORTE DE RESIDENCIAS PROFESIONALES

Realizadas en

EuWe Eugen Wexler de México S.A. de C.V.

Que presenta

Jesús Carreño Trejo

En la especialidad de

INGENIERÍA MECATRÓNICA

Asesor Externo:

Ing. Dorian Martínez Ávila

Asesor Interno:

Benjamín Darío Ramírez Angulo

APIZACO, TLAXCALA

15 de enero 2024 a 15 julio 2024

Agradecimientos

Le agradezco principalmente a Dios por haberme permitido terminar con éxito mi carrera que duró 5 años que pasaron muy rápido, gracias él por cuidarme durante esta trayectoria y que ahora tengo la oportunidad de un nuevo comienzo en el mundo laboral

Agradezco a la empresa Wexler por la oportunidad que me dieron para realizar mis residencias profesionales ahí junto con ingenieros expertos que me transmitieron su conocimiento y experiencia durante estos 6 meses. Todo lo que aprendí me será de mucha utilidad para poder desempeñarme de la mejor manera en mis futuros trabajos porque ahora tengo un panorama más amplio sobre la carrera, el trabajo y la industria.

También le agradezco al instituto tecnológico de Apizaco donde me enseñaron la teoría y práctica necesaria para desenvolverse en mis residencias profesionales, le agradezco a todos los maestros que tuve porque de cada uno de ellos pude aprender algo bueno y útil para la vida cotidiana y profesional

Finalmente le agradezco a mi madre, padre, familiares y amigos que me acompañaron y me apoyaron durante este tiempo porque ellos son una parte importante en mi vida y sin duda que sin ellos no hubiera podido acabar mi carrera

Resumen

El siguiente proyecto llevado a cabo en la empresa WEXLER se realizó con el objetivo de dar seguimiento y reducir los tiempos muertos causados por problemas en los equipos periféricos. Dada la alta demanda de producción y del continuo funcionamiento de los equipos, las paradas inesperadas que originan tiempos muertos causan pérdidas económicas y retrasos en la entrega de productos.

Dado lo anterior el proyecto tuvo la finalidad de reducir los tiempos muertos, para esto se realizó el análisis de los reportes de producción donde se pudo observar la eficiencia de los equipos y máquinas, los principales problemas y áreas que generan mayores tiempos muertos.

En base a los reportes de producción se tiene que la mayor cantidad de tiempo muerto se debe a la intervención del área de mantenimiento y que existen varios equipos periféricos que fallan frecuentemente. Dado lo anterior y con la ayuda de herramientas de mejora continua como los 5 porqués y el diagrama de Ishikawa y con ayuda del personal de mantenimiento se llegó a la causa raíz y con apoyo de los planes de acción se decidió hacer una mejora en los planes de mantenimiento.

Estos planes de mantenimiento se basan en recomendaciones de los fabricantes, investigaciones y experiencia del personal de mantenimiento. Esto permitirá reducir las fallas recurrentes y asegurar una mayor disponibilidad de los equipos en las operaciones diarias.

Índice

Agradecimientos.....	2
Resumen	3
1. Descripción del proyecto.....	7
1.1 Introducción	7
1.2 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo del estudiante	8
1.3 Problemática a resolver	12
1.4 Delimitación	13
1.5 Objetivo general	13
1.6 Objetivos específicos.....	14
1.7 Justificación.....	14
2. Marco Teórico	16
2.1 Mantenimiento	16
2.2 Mantenimiento preventivo	18
2.3 Mantenimiento correctivo	19
2.4 Mantenimiento predictivo	21
2.5 Mantenimiento programado	22
2.6 Planes de mantenimiento.....	23
2.7 Disponibilidad y confiabilidad de los equipos	26
2.8 Herramientas de mejora continua.....	27
2.9 Planes de acción	29
2.10 Equipos periféricos.....	29
3. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas	33
3.1 Proceso de la empresa	33
3.2 Equipos periféricos.....	34
3.3 Área de producción	36
3.4 Análisis de reporte de producción y tiempos muertos	38
3.5 Historial de reporte de tiempos muertos desde febrero hasta junio 2024	39
3.6 Historial de tiempos muertos de febrero a junio	44
3.7 Reporte de 80 20	46
3.8 Planes de mantenimiento de los equipos periféricos.....	49
3.9 Análisis causa raíz	51
4. Resultados	55

Conclusiones	65
Competencias desarrolladas y/o aplicadas.	66
Fuentes de información	67
Anexo A	68
Participación en la capacitación para la limpieza de las tolvas	68

Índice de figuras

Figura 2.1. Categorías del mantenimiento preventivo (obtenida del libro Mantenimiento Industrial-I (Recopilación)).	19
Figura 2.2. Fases para elaborar un plan de mantenimiento (imagen obtenida del libro Mantenimiento Industrial-I, 2010).	25
Figura 2.3. Plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas (imagen obtenida del libro Mantenimiento Industrial-I, 2010).	26
Figura 2.4. Diagrama de Ishikawa. Obtenida de https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa	29
Figura 2.5. Termorregulador industrial. https://es.slideshare.net/CarlosMolina271972/equipos-perifericos-inyeccion#28	30
Figura 2.6. Dosificadores para la industria de inyección de plástico. https://es.slideshare.net/CarlosMolina271972/equipos-perifericos-inyeccion#28	31
Figura 2.7. Equipos secadores. https://es.slideshare.net/CarlosMolina271972/equipos-perifericos-inyeccion#28	32
Figura 2.8. Molino de plástico. https://es.slideshare.net/CarlosMolina271972/equipos-perifericos-inyeccion#28	32
Figura 3.1. Encabezados de la hoja report.	40
Figura 3.2. Hoja concentrado primera parte.	42
Figura 3.3. Hoja concentrado segunda parte.	42
Figura 3.4. Grafica de barras de tiempos muertos en febrero 2024	43
Figura 3.5. Grafica de pastel de tiempos muertos en febrero 2024.....	44
Figura 3.6. Tiempos muertos de febrero a junio 2024.	45
Figura 3.7. Principales causas de tiempo muerto debido a la intervención de mantenimiento en febrero 2024	48
Figura 3.8. Planes de mantenimiento actuales para Termorregulador	49
Figura 3.9. Diagrama de Ishikawa para identificación de las posibles causas del problema.....	52
Figura 3.10. 5 porqués para identificación de la causa raíz del problema	53
Figura 3.11. Plan de acción para corrección del problema.	54
Figura 4.1. Formato de plan de mantenimiento, equipo termorregulador HB THERM	56
Figura A.1. Partes del recibidor de materia prima	69
Figura A.2. Partes a inspeccionar para de la tolva	70

Figura A.3. Partes a inspeccionar para de la tolva	71
--	----

Índice de tablas

Tabla 3.1. Equipos periféricos de la empresa.....	34
Tabla 3.2. Máquinas en cada grupo.....	37
Tabla 3.3. Explicación de los encabezados del reporte	40
Tabla 3.4. Tiempos muertos por area.....	44
Tabla 3.5. Porcentaje de tiempos muertos por área.....	45
Tabla 3.6. Tiempos muertos por intervención de mantenimiento en febrero 2024	47
Tabla 4.1. Check list equipo triturador Goliath puls	57
Tabla 4.2. Check list equipo termorregulador GWK	58
Tabla 4.3. Check list equipo tolva de secadores	59
Tabla 4.4. Check list secadores de aire SMC	60
Tabla 4.5.. Check list compresor de aire sullair	61
Tabla 4.6. Check list molino Wanner.....	62
Tabla 4.7. Check list termorregulador turbogel	63
Tabla 4.8. Check list sistema de enfriamiento Vac Therm Thermal Care	64

1. Descripción del proyecto

1.1 Introducción

En la industria de la fabricación de piezas de plástico, como la empresa WEXLER, la eficiencia en la producción es un factor crucial para mantener la competitividad y satisfacer la demanda de los clientes. Esta industria, que por lo regular opera las 24 horas del día, los 7 días de la semana, enfrenta retos constantes relacionados con los tiempos muertos ocasionados por fallas en los equipos periféricos que apoyan el proceso de inyección de plástico. Los tiempos muertos dentro de una empresa pueden derivarse de diferentes áreas o problemas, sin embargo, la existencia de estos tiene impactos negativos para la producción de la empresa generando pérdidas económicas o retrasos en la entrega del producto a los clientes.

La producción de una empresa puede medirse a través de reportes de producción, para esto la empresa WEXLER cuenta con un formato en el software Excel desde hace varios años. En estos reportes pueden analizarse detalladamente toda la producción, desde cantidades de piezas elaboradas, ordenes de trabajo, eficiencia de las maquinas, tiempos muertos, hasta las intervenciones de las diferentes áreas como calidad, mantenimiento, logística, etc.

Dado que el objetivo es reducir el impacto que tienen las fallas de los equipos periféricos en la producción de la empresa, el análisis de los reportes de producción permite identificar las causas principales de tiempos muertos, así como los equipos que más fallas presentan. A partir de esto es posible identificar patrones, investigar la causa raíz de los problemas por medio de herramientas como 5 porqués o diagramas de Ishikawa para posteriormente tomar acciones que reduzcan los tiempos muertos, aumentando la eficiencia y disponibilidad de los equipos.

En base a lo anterior una de las áreas que más intervienen en la producción y que generaran tiempos muertos es el área de mantenimiento, por lo tanto, hacer más eficientes y rápidas sus intervenciones tendría un impacto significativo en la producción de la empresa. Esto se logra a través de planes de mantenimiento más eficientes que mantengan a los equipos en las mejores condiciones para que puedan trabajar continuamente y sin interrupciones inesperadas, lo cual permite tener una mayor estabilidad en la producción de la empresa.

1.2 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo del estudiante

Lugar donde se realizará el proyecto

El proyecto se realizará en la empresa EuWe Eugen Wexler de México S.A. de C.V. Ubicada en Rancho Seco 403. Cd. Industrial Xicohténcatl, Tetla, Tlaxcala. C.P. 90434 México.

Información sobre la empresa, organismo o dependencia para la que se Desarrollará el proyecto

Historia de WEXLER

Para el éxito de la gestión empresarial, es fundamental conocer la historia y tradiciones de la empresa, ya que estas influyen en la dirección futura de la organización.

La empresa WEXLER, fundada en 1968, ha experimentado un desarrollo significativo desde sus inicios. En sus primeros años, se centró exclusivamente en productos metálicos, y los conocimientos adquiridos durante ese periodo siguen siendo valiosos para la empresa hoy en día.

En 1970, WEXLER amplió su producción a piezas de plástico, marcando un paso crucial hacia la industria automotriz. Este cambio resultó en un aumento sustancial de la demanda, lo que llevó a la empresa a trasladar su sede de Röthenbach a Lauf an der Pegnitz para aprovechar una planta con mayor potencial de desarrollo.

La primera expansión internacional de WEXLER ocurrió en 1993 con la fundación de la empresa conjunta EuWe de México en Tlaxcala, destinada a abastecer el mercado norteamericano. En 1994, WEXLER continuó su expansión global con la creación de la filial EuWe Eugen Wexler CR s.r.o. en Rokycany, República Checa, para acceder al creciente mercado de Europa Oriental.

Durante el periodo de 2000 a 2009, WEXLER experimentó un crecimiento constante, ampliando la capacidad de producción en todas sus sedes. En 2009, la planta de Rokycany en la República Checa inauguró una nave de producción adicional, casi duplicando su capacidad productiva.

En 2011, WEXLER abrió un nuevo centro logístico en Lauf, situado estratégicamente en la autopista A9 que conecta Berlín con Múnich, convirtiéndose en el nuevo núcleo central del EuWe Group Germany.

En 2017, WEXLER inauguró una nueva fábrica en Carolina del Norte, EE.UU., que comenzó la producción en serie para abastecer directamente al mercado norteamericano con sus productos.

Gracias a su larga experiencia, capacidad de innovación y flexibilidad, WEXLER se ha consolidado como una de las PYMES líderes en la fabricación de componentes para vehículos. La

excelencia de sus productos plásticos de alta tecnología es reconocida y confiada por numerosos fabricantes a nivel internacional.

Misión

Ser empresa competitiva e innovadora en la manufactura y desarrollo de productos de plástico para la industria automotriz, ofreciendo la más alta calidad en productos y servicios que satisfagan los requerimientos de nuestros clientes.

Ofrecer a nuestros clientes colaboradores un ambiente de trabajo seguro, de largo plazo y satisfactorio para el desarrollo de habilidades y su crecimiento personal.

Trabajar en equipo, buscando la mejora continua eliminando los desperdicios, incluyendo a nuestros proveedores, para mantener a la empresa en un marco de ahorro, productividad y competitividad.

Contribuir con el desarrollo social, la sustentabilidad y control del medio ambiente de nuestro entorno.

Política empresarial

La política empresarial del Grupo EuWe está basada en el principio de prevenir y actuar con una visión orientada hacia el futuro. Este principio guía todas las actividades internacionales del grupo, incluyendo producción, desarrollo, administración, distribución y dirección. Cada empleado de la empresa se esfuerza constantemente por optimizar sus tareas para ofrecer la mayor ventaja posible a los clientes.

Este enfoque proactivo solo es viable gracias a una plantilla comprometida y motivada. Cada miembro del equipo juega un papel crucial en la consecución de la excelencia del Grupo EuWe a través de sus esfuerzos diarios.

En reconocimiento a esta valiosa contribución, el Grupo EuWe expresa un profundo agradecimiento a todos sus empleados.

Valores

- Cooperación – una garantía de nuestro éxito
- Flexibilidad – una de nuestras mayores ventajas como PYME
- Rapidez – el proceso entero se desarrolla en una sola empresa
- Exactitud – sólo estamos satisfechos cuando coinciden todos los detalles
- Calidad – se asegura a través de un sofisticado sistema
- Desarrollo – nuestros expertos se rompen la cabeza para usted
- Problemas – se resuelven sin formalismos
- Know-how – nuestras ideas son su ventaja
- Fabricación – productos de alta gama a granel
- Logística – una entrega puntual es la norma para nosotros

- Durabilidad – la tercera generación de nuestra familia planifica pensando en el futuro

Reciclaje - Volver a la Naturaleza

El Grupo EuWe se compromete a eliminar residuos, preservar los recursos y adoptar tecnologías que minimicen el impacto ambiental. En este sentido, la empresa recolecta, separa y recicla los residuos plásticos generados durante la producción, contribuyendo al cuidado del planeta.

En alineación con su conciencia ecológica y responsabilidad ambiental, el Grupo EuWe ha decidido no utilizar materias primas que contengan metales pesados, así como evitar el uso de CKW, FCKW y PVC.

1.3 Problemática a resolver

En la empresa, se ha identificado un alto índice de fallas en los equipos periféricos, lo que está ocasionando tiempos muertos significativos y la producción de piezas defectuosas. Estas fallas se deben en gran medida a la falta de un mantenimiento preventivo adecuado y a la omisión de las recomendaciones de los proveedores al desarrollar los planes de mantenimiento. Esta situación no solo afecta la eficiencia operativa, sino que también incrementa los costos y disminuye la calidad del producto final.

Para abordar esta problemática, se llevará a cabo una investigación exhaustiva de los reportes de producción y registros de tiempos muertos para identificar cuáles son los equipos periféricos que presentan más fallas. Asimismo, se revisarán los manuales de los equipos para recopilar las sugerencias del fabricante en cuanto al mantenimiento preventivo. Con base en esta

información, se diseñarán nuevos planes de mantenimiento preventivo y correctivo que se ajusten a las recomendaciones del fabricante, con el objetivo de reducir la incidencia de fallas, optimizar el tiempo de operación y mejorar la calidad de la producción.

1.4 Delimitación

El proyecto se enfocará exclusivamente en los equipos periféricos, excluyendo las máquinas de inyección de plástico. Esta decisión se debe a que las máquinas de inyección requieren conocimientos más especializados y planes de mantenimiento más detallados y complejos. Además, dado el gran número de equipos periféricos en la empresa, no es posible abarcar todos ellos dentro del tiempo disponible. Por lo tanto, el proyecto se concentrará únicamente en los equipos críticos que presenten la mayor frecuencia de fallas y que generen un mayor tiempo muerto.

Otra limitación significativa es que, por razones internas de la empresa, los planes de mantenimiento propuestos no se implementarán de inmediato. En consecuencia, no será posible determinar con precisión si existe una reducción en los tiempos muertos debido a los nuevos planes de mantenimiento para estos equipos.

1.5 Objetivo general

Diseñar planes de mantenimiento para prevenir las fallas que se presentan frecuentemente en equipos periféricos y en el proceso de producción y así reducir los tiempos muertos, realizando reportes de producción para identificar los principales equipos con mayor frecuencia de fallas.

1.6 Objetivos específicos

- Realizar reporte de producción de manera semanal y mensual.
- Identificar fallas en los reportes de producción las causas principales que generan tiempos muertos en la planta
- Analizar la causa raíz de las fallas presentes en equipos periféricos para comprender a fondo los problemas que generan tiempos muertos
- Recopilar información sobre las recomendaciones de los fabricantes para el mantenimiento preventivo de los equipos periféricos que generan mayor tiempo muerto en la empresa
- Desarrollar planes de mantenimiento para los equipos periféricos

1.7 Justificación

La empresa Wexler se dedica a la fabricación de piezas de plástico y opera en un entorno de alta demanda, con numerosos proyectos en curso. Sus operaciones se extienden generalmente las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Dada esta situación, cualquier tiempo muerto causado por fallas prolongadas o recurrentes en los equipos periféricos resulta en pérdidas significativas tanto en términos de producción como económicas. Además, estos tiempos muertos pueden generar retrasos en la entrega de productos a los clientes, afectando la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa.

Para abordar este problema, se realizará un análisis exhaustivo en el área de producción para identificar cuáles equipos periféricos son más propensos a fallas. El proyecto se enfocará en estos equipos críticos, desarrollando planes de mantenimiento preventivo y correctivo más eficaces

que ayuden a reducir los tiempos muertos y mejorar la disponibilidad de los equipos para las operaciones de producción.

Estos nuevos planes de mantenimiento no solo abordarán las fallas comunes, sino que también se diseñarán para ser fácilmente comprensibles y accesibles para el personal de mantenimiento. Se impartirá formación al personal para asegurarse de que estén al tanto de cómo identificar y solucionar las fallas principales. Al mejorar la eficiencia de los equipos y la capacidad del personal para gestionar los problemas, se espera aumentar la producción y reducir los costos asociados con los tiempos muertos.

Este proyecto es esencial no solo para optimizar los recursos de la empresa y mejorar su rentabilidad, sino también para mantener un alto nivel de satisfacción del cliente mediante la entrega puntual y la calidad constante de los productos.

2. Marco Teórico

2.1 Mantenimiento

De acuerdo con Navarro (2007) el mantenimiento se define como la función empresarial encargada de controlar el estado de todas las instalaciones, tanto productivas como auxiliares y de servicios. En esencia, se trata del conjunto de acciones necesarias para mantener o restablecer un sistema en un estado que garantice su funcionamiento al menor costo posible. Este concepto implica varias actividades clave:

- **Prevención y corrección de averías:** Involucra tanto la prevención como la reparación de fallas para asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas.
- **Evaluación del estado de las instalaciones:** Implica la cuantificación y evaluación del estado de las instalaciones para tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento.
- **Gestión de costos:** Se centra en optimizar los costos asociados con el mantenimiento, manteniendo un equilibrio entre los gastos y la disponibilidad necesaria de los equipos.

En la década de 1970, surgió en Gran Bretaña una nueva tecnología conocida como Terotecnología, que abarca un enfoque más amplio que la simple conservación de activos. La Terotecnología es una práctica de gestión que incluye aspectos financieros y técnicos aplicados a los activos físicos con el objetivo de reducir el "coste del ciclo de vida" de estos. Esto implica

asegurar una disponibilidad específica de los equipos durante un período determinado, comenzando desde la fase de diseño y especificación técnica.

El mantenimiento, por lo tanto, debe integrarse desde el proyecto inicial de la máquina. Esto incluye la participación del personal de mantenimiento en la especificación técnica, recepción, instalación y puesta en marcha, para establecer y documentar un estado de referencia del equipo. Este estado de referencia se utiliza como punto de comparación durante toda la vida útil de la máquina para evaluar su rendimiento, funcionalidad y otras prestaciones. Las misiones del mantenimiento incluyen:

- **Vigilancia permanente o periódica:** Monitoreo constante de los equipos para detectar posibles fallas.
- **Acciones preventivas:** Mantenimiento regular para prevenir averías.
- **Acciones correctivas:** Reparación de equipos cuando ocurren fallas.
- **Reemplazo de maquinaria:** Sustitución de equipos cuando sea necesario.

Los objetivos implícitos del mantenimiento son:

- **Aumentar la disponibilidad de los equipos:** Garantizar que los equipos estén operativos el máximo tiempo posible.
- **Reducir costos:** Minimizar los costos asociados con el mantenimiento sin comprometer la disponibilidad de los equipos.

- **Mejorar la fiabilidad:** Aumentar la fiabilidad de las máquinas e instalaciones.
- **Asistencia en nuevos proyectos:** Colaborar con el departamento de ingeniería para facilitar la mantenibilidad de las nuevas instalaciones.

2.2 Mantenimiento preventivo

De acuerdo con Ros Moreno (2010) el mantenimiento preventivo tiene como objetivo principal maximizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos mediante la implementación de un programa de mantenimiento eficaz. Un equipo bien diseñado se caracteriza por ser accesible para el mantenimiento o la reparación en los tiempos programados, lo que asegura su funcionamiento óptimo y prolonga su vida útil.

Este tipo de mantenimiento puede estructurarse en base a las condiciones reales del equipo o a los datos históricos de fallas. El mantenimiento basado en condiciones reales, conocido como CBM (Condition-Based Maintenance) o mantenimiento predictivo, se centra en el monitoreo continuo del estado de los equipos para predecir y prevenir fallas. Por otro lado, el mantenimiento basado en datos históricos, que ha dado lugar a la tecnología denominada PMO (Preventive Maintenance Optimization), utiliza análisis de fallas pasadas para optimizar los programas de mantenimiento preventivo.

En la figura 2.1 se observa que el mantenimiento preventivo se clasifica en dos categorías principales: una basada en la confiabilidad estadística, utilizando registros históricos de fallas, y otra basada en las condiciones actuales de operación de los equipos. Esta clasificación permite una

gestión más eficiente de los recursos y asegura que las intervenciones de mantenimiento se realicen en el momento más adecuado, evitando intervenciones innecesarias o tardías.

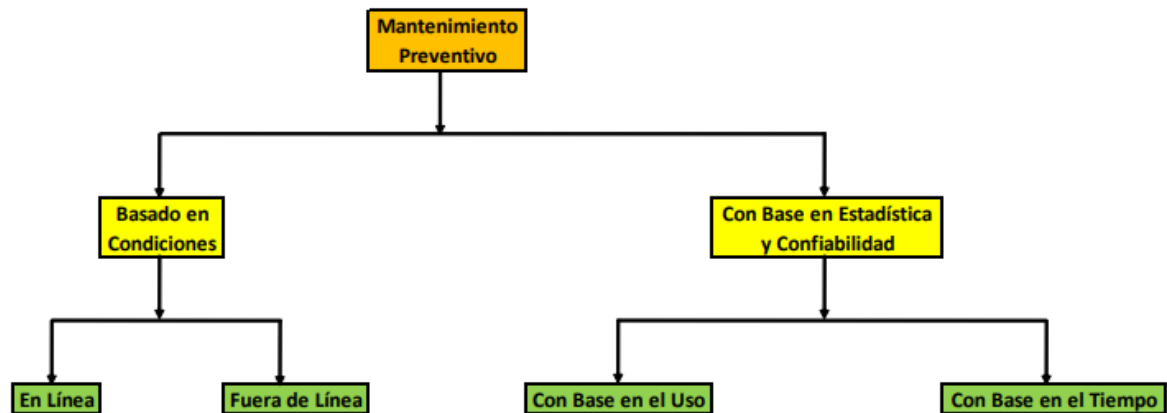


Figura 2.1. Categorías del mantenimiento preventivo (obtenida del libro Mantenimiento Industrial-I (Recopilación)).

2.3 Mantenimiento correctivo

De acuerdo con Navarro y Pastor (1997) el mantenimiento correctivo se refiere a la reparación de averías a medida que ocurren. En este modelo, el personal que utiliza los equipos es responsable de informar sobre las fallas, mientras que el equipo de mantenimiento se encarga de las reparaciones.

Una de las principales desventajas de este tipo de mantenimiento es que los usuarios suelen detectar las averías solo cuando necesitan utilizar el equipo, ya sea al encenderlo o durante su uso. A menudo, con el objetivo de maximizar el rendimiento del equipo, los usuarios pueden no informar de la avería hasta que esta impida el funcionamiento del equipo. Además, dado que los usuarios no son expertos en detección de fallas, pueden pasar por alto señales como ruidos o anomalías que preceden a una avería. Forzar el equipo hasta el límite de su funcionamiento puede agravar la falla inicial o provocar problemas más graves.

La necesidad de actuar rápidamente para reparar el equipo suele hacer que el análisis de la causa raíz de la avería pase a un segundo plano. Además, como las averías pueden ocurrir en cualquier momento, puede darse el caso de que no haya personal disponible para la reparación inmediata, lo que incrementa el tiempo de inactividad del equipo. Por otro lado, mantener suficiente personal disponible para todas las eventualidades imprevistas conlleva un aumento considerable en los costos de mantenimiento.

Determinar el tamaño óptimo del equipo de mantenimiento es un desafío, ya que involucra variables difíciles de predecir, como la frecuencia de las averías y su gravedad. Otra desventaja significativa es que el personal de mantenimiento solo tiene contacto con los equipos cuando se necesitan reparaciones, lo que significa que se pierde la valiosa información que se podría obtener mediante el monitoreo regular de las máquinas durante su operación.

Si el mantenimiento correctivo es el único tipo de mantenimiento realizado, es necesario contar con una plantilla numerosa de especialistas y un almacén de repuestos bien surtido. Desde una perspectiva económica, estos requisitos incrementan tanto los costos directos de mantenimiento como los financieros. Además, si los equipos se utilizan hasta el límite de su capacidad, las reparaciones tienden a ser más costosas y prolongadas.

Aunque las desventajas del mantenimiento correctivo superan sus ventajas, es una práctica inevitable. Siempre existirán fallas que no se pueden prever y que requerirán reparaciones inmediatas. Por tanto, aunque se debe complementar con otras estrategias de mantenimiento, el mantenimiento correctivo sigue siendo una parte necesaria de cualquier plan de mantenimiento integral.

2.4 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo implica realizar mediciones o ensayos no destructivos en componentes críticos de la maquinaria utilizando equipos especializados. Este enfoque es especialmente importante para partes costosas o en las que una falla inesperada podría poner en riesgo la seguridad de los operarios o causar daños significativos. La mayoría de estas inspecciones se llevan a cabo mientras el equipo está en funcionamiento, sin interrumpir la producción.

Este tipo de mantenimiento actúa como una herramienta de información que apoya un programa de mantenimiento preventivo eficiente, ya que ofrece varias ventajas importantes:

- **Reducción de tiempos de inactividad:** Al predecir fallas antes de que ocurran, se pueden planificar las intervenciones de mantenimiento, minimizando los tiempos de parada inesperados.
- **Seguimiento del desarrollo de defectos:** Permite monitorear la evolución de defectos a lo largo del tiempo, lo cual es crucial para la toma de decisiones.
- **Creación de un archivo histórico:** La verificación periódica o eventual del estado de la maquinaria permite acumular datos históricos sobre su comportamiento mecánico.
- **Predicción de fallas:** Facilita la estimación precisa del tiempo límite de operación antes de que ocurra una falla, permitiendo tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento.

- **Toma de decisiones críticas:** Ayuda a determinar cuándo detener una máquina durante momentos críticos para evitar fallas mayores.
- **Facilita el análisis de averías:** Proporciona datos valiosos para el análisis y diagnóstico de fallas, ayudando a comprender mejor las causas subyacentes.
- **Permite el análisis estadístico:** Los datos recolectados pueden utilizarse para realizar análisis estadísticos, ayudando a mejorar la confiabilidad del sistema y a optimizar las estrategias de mantenimiento.

2.5 Mantenimiento programado

El mantenimiento planificado o programado Ros Moreno (2010) debe operar en conjunto con el mantenimiento autónomo. La principal responsabilidad del departamento de mantenimiento es responder de manera rápida y eficiente a las solicitudes de los operadores. El personal de mantenimiento también debe abordar el deterioro causado por una lubricación y limpieza inadecuadas. Es fundamental analizar cada avería para identificar puntos débiles en el equipo y realizar modificaciones que faciliten su mantenimiento y prolonguen su vida útil. Una vez que se han reducido los costos de mantenimiento, es crucial revisar detalladamente los controles, inspecciones y estándares del equipo.

Para mantener bajos los costos del mantenimiento planificado, es importante emplear técnicas de análisis y diagnóstico que permitan supervisar la condición de los equipos, promoviendo así la transición hacia el Mantenimiento Basado en Condición (CBM, por sus siglas en inglés).

2.6 Planes de mantenimiento

Para Ros Moreno (2010) el propósito de un plan de mantenimiento es maximizar la disponibilidad y confiabilidad de una planta tanto a corto como a largo plazo, minimizando los costos asociados. Este plan puede ser conceptualizado como una serie de tareas individuales, cada una con su propio objetivo y generación de órdenes de trabajo e informes, o como un conjunto de "gamas de mantenimiento", es decir, agrupaciones de tareas con características comunes.

Organizar el plan en tareas individuales, en lugar de gamas, puede resultar en una cantidad ingobernable de órdenes de trabajo. La mejor oportunidad para diseñar un mantenimiento programado efectivo que asegure alta disponibilidad y confiabilidad es durante la construcción de la planta. Idealmente, el plan de mantenimiento debería estar ya establecido cuando la planta es entregada para su operación comercial, permitiendo su implementación desde el primer día de funcionamiento. No hacerlo puede llevar a depender del mantenimiento reactivo, donde las fallas dirigen las actividades del departamento de mantenimiento, lo cual puede tener consecuencias económicas significativas.

Un error común es centrarse exclusivamente en el mantenimiento de los equipos principales, descuidando equipos adicionales o auxiliares que, aunque menos costosos, pueden ser igualmente críticos para el funcionamiento de la planta. Es crucial prestar atención a todos los equipos que podrían causar fallos críticos, no solo a los más caros.

Un plan de mantenimiento efectivo es aquel que considera todos los posibles fallos y está diseñado para prevenirlos, lo que requiere un análisis exhaustivo de fallos de todos los sistemas de la planta. Sin embargo, este análisis detallado rara vez se realiza en todos los equipos, limitándose generalmente a los más costosos, siguiendo las recomendaciones del fabricante. No obstante, todos

los equipos y sistemas que podrían provocar fallas críticas también deben ser sometidos a un análisis riguroso.

Si no se dispone de recursos suficientes para realizar este estudio exhaustivo antes de que la planta entre en funcionamiento, o si la planta ya está operativa, se recomienda una aproximación en dos fases:

1. **Plan Inicial:** Basado en las instrucciones de los fabricantes o en directrices genéricas según el tipo de equipo, complementado con la experiencia de los técnicos y las obligaciones legales de mantenimiento. Este plan debe ser implementado rápidamente, ya que es mejor contar con un plan básico que no tener ninguno.

2. **Plan Avanzado:** Una vez que el plan inicial esté en marcha y el personal se haya acostumbrado a la rutina de revisiones periódicas, se debe desarrollar un plan más avanzado basado en un análisis de fallos detallado de cada sistema. Este análisis no solo ayudará a diseñar el plan de mantenimiento, sino que también identificará mejoras preventivas, procedimientos de mantenimiento, y selección de repuestos necesarios.

Un paso fundamental para comenzar el diseño de un plan de mantenimiento es disponer de un inventario detallado de todos los equipos, claramente identificados y clasificados, preferiblemente utilizando un sistema jerárquico y un código que identifique planta, unidad y especificaciones del equipo.

En la figura 2.2 se muestra las fases de manera general que se deben seguir para elaborar un plan de mantenimiento donde se observa que lo primero que se hay que realizar es recopilar información o las sugerencias de los fabricantes de los equipos y seguirlas. Seguido de eso es bueno

tomar en cuenta la experiencia del personal de mantenimiento pues ellos están más relacionados con el equipo y con sus posibles fallas o averías y sus soluciones. Lo anterior junto con algunas obligaciones legales a seguir se puede realizar correctamente el plan de mantenimiento.



Figura 2.2. Fases para elaborar un plan de mantenimiento (imagen obtenida del libro Mantenimiento Industrial-I, 2010).

Un plan de mantenimiento también puede basarse en instrucciones genéricas tal y como se muestra en la figura 2.3 donde se observa que la consulta a los manuales de los equipos se hace después de haber elaborado un borrador del plan inicial como complemento. En la fase final se agregan las obligaciones legales y se termina el plan de mantenimiento.

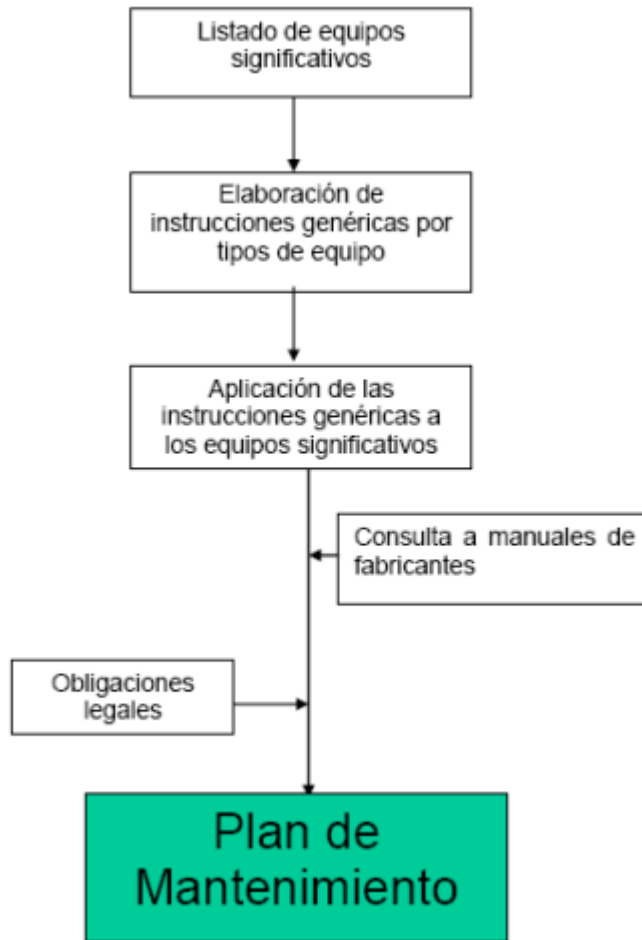


Figura 2.3. Plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas (imagen obtenida del libro Mantenimiento Industrial-I, 2010).

2.7 Disponibilidad y confiabilidad de los equipos

Rosales (2023) menciona que la disponibilidad se refiere a la probabilidad de que un sistema, equipo o componente realice la función prevista cuando sea requerido. Este indicador se expresa en porcentaje y considera tanto la confiabilidad como la mantenibilidad del sistema. Una alta disponibilidad implica que el equipo está operativo y listo para su uso la mayor parte del tiempo, minimizando los periodos de inactividad.

Por otro lado, la confiabilidad se relaciona con la capacidad de un activo para cumplir consistentemente su misión específica. Este concepto no solo se centra en la prevención de fallas, sino que también se enfoca en asegurar que el equipo pueda desempeñar su función designada durante un periodo establecido y bajo condiciones predeterminadas. En esencia, la confiabilidad enfatiza la habilidad de un equipo o componente para ejecutar las tareas esperadas sin interrupciones o contratiempos, es decir, sin presentar fallas.

Es crucial comprender que tanto la disponibilidad como la confiabilidad son fundamentales para el mantenimiento eficiente de los equipos. La disponibilidad asegura que los equipos estén operativos cuando se necesitan, mientras que la confiabilidad garantiza que funcionen correctamente durante su uso. Juntos, estos dos indicadores permiten una gestión óptima de los activos, contribuyendo a la eficiencia operativa y a la reducción de costos. Además, implementar estrategias que mejoren ambos aspectos puede llevar a una mayor satisfacción del cliente y una mejor competitividad en el mercado.

2.8 Herramientas de mejora continua

5 porqués

De acuerdo con J. Rodríguez (2024) técnica de los 5 Porqués es un método estructurado de preguntas utilizado en la fase de análisis de problemas para identificar las posibles causas raíz de un inconveniente. Durante esta etapa, los miembros del equipo pueden sentir que ya han encontrado respuestas suficientes al aplicar esta técnica. Sin embargo, esto podría llevar a que no se identifiquen las causas más probables, debido a que no profundizaron lo suficiente en su análisis.

Este enfoque consiste en que el equipo plantee la pregunta "¿Por qué?" cinco veces o avance a través de cinco niveles de detalle. Una vez que se torna complicado responder a la última de estas preguntas, es probable que se haya alcanzado la causa raíz del problema.

Diagrama de Ishikawa

Para N. Rodríguez los diagramas de Ishikawa también llamados diagramas de causa y efecto o diagrama de pescado, son una metodología que proporciona un enfoque sistemático para abordar problemas a través de identificar posibles causas que podrían originar dicho problema. Lo anterior resulta ser de gran utilidad en las empresas ya que permiten tener una mayor visibilidad de un problema y a partir de ello tomar medidas para solucionar el problema.

En la figura 2.4 se muestra un ejemplo de un diagrama de Ishikawa. En este esquema se pueden colocar originalmente 6 bloques en el cuerpo del pescado. Estos 6 bloques o áreas dentro de todos los negocios o empresas y podrían estar directamente relacionado con la raíz de un problema y estas son las 6M: método, máquina, mano de obra, medio ambiente, materiales y medición.

Diagrama de Ishikawa

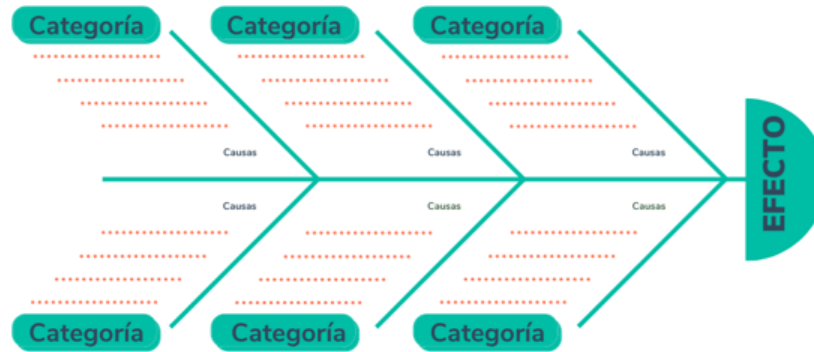


Figura 2.4. Diagrama de Ishikawa. Obtenida de <https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa>

2.9 Planes de acción

Según Raeburn (2024) un plan de acción es una herramienta valiosa para cualquier persona u organización que busque estructurar un proceso paso a paso. Al crear este tipo de plan, es esencial especificar las acciones que se llevarán a cabo para alcanzar los objetivos de algún proyecto. Estos planes ayudan a organizar las tareas pendientes y aseguran que se disponga de la información y los recursos requeridos para alcanzar las metas.

2.10 Equipos periféricos

De acuerdo con Ruiz (2023) los equipos periféricos dentro de la industria son componentes y sistemas que complementan el proceso principal en la inyección de plástico, aunque su no tienen

una participación directa en la transformación física del material de plástico son realmente indispensables para poder obtener la mayor calidad y productividad dentro de la empresa

Sistemas de refrigeración

Estos sistemas se pueden dividir en dos, una se encarga del enfriamiento de la máquina, lo que incluye cada una de las partes que deben de enfriarse para asegurar el correcto funcionamiento de esta. Por otro lado, el enfriamiento de proceso incluye solo a las partes que se tienen que enfriar a una temperatura controlada para solidificación del plástico.

Termorregulador

El termorregulador está diseñado para controlar de una manera automática la temperatura de algún fluido, es capaz de mantener el valor constante de la temperatura programada, y se utilizan cuando se requiere que la temperatura del molde esté muy por encima de la temperatura ambiental. En la figura 2.5 se muestra un ejemplo de un termorregulador industrial.



Figura 2.5. Termorregulador industrial. <https://es.slideshare.net/CarlosMolina271972/equipos-perifericos-inyeccion#28>

Dosificadores

Los dosificadores son los encargados de proporcionar de forma exacta el material requerido para el proceso sin que tengan que presentarse algún tipo de paro en la producción. A parte de las tolvas como alimentadoras para el proceso existen mezcladores para piezas que requieran de pigmentos, los cuales se programan para tener una porción exacta de plástico virgen, molido o

pigmentado, en la figura 2.6 se muestra un ejemplo de los equipos dosificadores para la industria de inyección de plástico



Figura 2.6. Dosificadores para la industria de inyección de plástico. <https://es.slideshare.net/CarlosMolina271972/equipos-perifericos-inyeccion#28>

Secadores

En la inyección de plástico, el secado de estos es una parte importante para disminuir o eliminar problemas ocasionados por la humedad de los materiales. Durante la etapa de secado de los plásticos se efectúa la transmisión de calor mediante convección (aire caliente, aire seco o aire comprimido) o radiación (mediante ondas infrarrojas). En la figura 2.7 se observa un ejemplo de los secadores en la inyección de plástico.



Figura 2.7. Equipos secadores. <https://es.slideshare.net/CarlosMolina271972/equipos-perifericos-inyeccion#28>

Molinos

Un molino como el que se ve en la figura 2.8 es una máquina que funciona con un motor eléctrico para hacer girar un juego de placas afiladas a determinado ángulo. Estas placas afiladas son capaces de convertir una pieza plástica de desecho en escamas, grano o trozos de un tamaño menor para posteriormente ser reutilizadas.



Figura 2.8. Molino de plástico. <https://es.slideshare.net/CarlosMolina271972/equipos-perifericos-inyeccion#28>

3. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

3.1 Proceso de la empresa

En el área de producción de la empresa WEXLER se cuenta con varias máquinas de inyección de plástico con diferentes capacidades de fuerza de cierre. Dentro de esta área se fabrican las piezas de plástico para los automóviles a través de la plastificación y solidificación de la materia prima y para esto se lleva a cabo una variedad de procesos que se explican a continuación:

El molde, esta es una de las partes más importantes pues el molde incluye todas las especificaciones dimensionales y funcionales de la pieza y son fabricados a partir de un diseño CAD.

El material, dependiendo de las propiedades físicas de la pieza que requiera el cliente (por ejemplo, resistencia, durabilidad, etc.) se selecciona el tipo de material que se vaya a utilizar como puede ser polipropileno, ABS, poliamida, etc. Igualmente se selecciona algún aditivo que se requiera para la pieza, esto con el fin de cumplir con las especificaciones técnicas o estéticas que se requieran.

El proceso de inyección, dentro del proceso de inyección la resina o materia plástica se alimenta en una tolva y se calienta en la unidad de inyección hasta una temperatura predeterminada donde se derrite el plástico y adquiere una consistencia fluida. Cuando el plástico está fundido y fluye más fácilmente es inyectado a alta presión en el molde y llena completamente la cavidad para dar forma a la pieza deseada. Una vez el plástico está dentro del molde empieza la etapa de enfriamiento donde se solidifica la pieza.

Expulsión y retrabajo, el molde se abre y un robot o un operador retira la pieza del molde. En ocasiones la pieza puede requerir algún trabajo adicional para eliminar algún defecto que pudiera tener como rebabas, burbujas, etc. En caso de que no se pueda eliminar el defecto de la

pieza, se almacena para su reciclaje. En otros casos las piezas pueden requerir algún estampado, o un procedimiento de pintura o ensamble y después pasa a una inspección de calidad.

Almacenamiento y distribución, si la pieza cumple con las especificaciones de calidad requeridas por el cliente se almacenan en cajas y quedan listas para su envío a su respectivo cliente.

Para llevar a cada uno de los procedimientos anteriores se utilizan varios equipos periféricos fundamentales y útiles para asegurar y garantizar la eficiencia, calidad y seguridad del proceso. Estos equipos pueden ser: tolvas de alimentación y secado, controladores de temperatura RT, termorreguladores, robots, molinos y recicladores, cintas transportadoras, etc. Sobre estos equipos se llevará a cabo el proyecto.

3.2 Equipos periféricos

A continuación, se muestra en la tabla 3.1 una breve explicación del funcionamiento de algunos de los equipos periféricos disponibles en la empresa

Tabla 3.1. Equipos periféricos de la empresa

Equipo periférico	Descripción del funcionamiento del equipo dentro de la empresa
Tolva de alimentación	Las tolvas de alimentación son dispositivos que almacenan y transportan el material plástico granulado hacia la máquina de inyección. Estas tolvas están equipadas con sistemas de secado que eliminan la humedad del plástico, previniendo defectos en las piezas moldeadas

Tabla 3.1. Equipos periféricos de la empresa (continuación)

Secadores de material	Los secadores de material, también conocidos como deshumidificadores, son esenciales para preparar el plástico antes de su procesamiento. Estos equipos utilizan aire caliente y seco para reducir el contenido de humedad en el material granulado, asegurando que el plástico tenga las propiedades adecuadas para la inyección.
Termorreguladores	Los termorreguladores son dispositivos que controlan la temperatura del molde durante el proceso de inyección. Mantener una temperatura adecuada es crucial para garantizar la calidad y consistencia de las piezas moldeadas. Estos equipos circulan agua o aceite a través de canales en el molde para calentarlo o enfriarlo según sea necesario.
Molinos y trituradores	Los molinos y trituradores son equipos utilizados para reciclar el material plástico rechazado o las coladas sobrantes del proceso de inyección. Estos dispositivos trituran el plástico en partículas pequeñas, que luego se pueden reintroducir en el proceso de producción, reduciendo el desperdicio y los costos.

Tabla 3.1. Equipos periféricos de la empresa (continuación)

Robots	Los robots de manipulación son utilizados para automatizar la extracción de piezas del molde, así como para realizar tareas de ensamblaje y acabado. Estos robots aumentan la eficiencia y consistencia del proceso, reduciendo la intervención manual y minimizando el riesgo de daños a las piezas moldeadas.
Cintas transportadoras	Las cintas transportadoras facilitan el movimiento de las piezas moldeadas desde la máquina de inyección hasta las áreas de inspección, ensamblaje o embalaje. Estas cintas permiten un flujo continuo de producción y pueden estar equipadas con sistemas de clasificación y separación para organizar las piezas según su calidad o tipo.

3.3 Área de producción

El área de producción de la empresa se puede dividir por grupo de acuerdo con la capacidad de fuerza de cierre de cada máquina con las que cuenta la empresa. Las máquinas se identifican con un numero desde el 1 hasta el 48. A parte, el nombre de identificación que cada máquina tiene dentro de la empresa es de la siguiente manera “01MI01”, “01MI02”, “01MI03”, “01MI04” y así

sucesivamente hasta “01MI48”. La numeración de las máquinas comenzó desde los inicios de la empresa en 1993. En el inicio no se contaba con las 48 máquinas que se tienen ahora y de la misma forma algunas de las maquinas que se tenían hace años, hoy en día ya no se encuentran. Es por eso que las máquinas que conforman cada grupo se muestran en la siguiente tabla 3.2.

Tabla 3.2. Máquinas en cada grupo

Máquinas Grupo 1		Máquinas Grupo 2		Máquinas Grupo 3
01MI03		01MI12		01MI21
01MI04		01MI14		01MI27
01MI05		01MI15		01MI29
01MI06		01MI16		01MI31
01MI07		01MI17		01MI32
01MI08		01MI18		01MI35
01MI09		01MI19		01MI37
01MI11		01MI22		01MI39
01MI38		01MI23		
01MI40		01MI24		
01MI43		01MI26		
01MI44		01MI41		
01MI45		01MI42		
01MI46				
01MI47				
01MI48				

Los moldes que se utilizan dentro de la empresa igualmente tienen su propia numeración como forma de identificación, unos ejemplos de cómo se identifican los moldes son: “M0874”, “M0875”, “M0876”, “M0877”, etc. Los moldes pueden tener diferentes tamaños, pesos, numero de cavidades, etc. Dentro de la empresa hay varios moldes, de hecho, la numeración llega hasta “M1064” o todavía más, ya que dependiendo del proyecto pueden llegar moldes nuevos a la empresa.

Como se observa hay más moldes que máquinas, esto es porque un molde puede subir en diferentes máquinas con características similares. De esta forma, si hay mucha demanda de producción se tienen maquinas disponibles en caso de que algún molde sea urgente de ser trabajado.

Por lo misma razón de que existen demasiados moldes en la empresa, no se ha hecho una tabla con la identificación de los moldes.

3.4 Análisis de reporte de producción y tiempos muertos

El análisis de producción y tiempos muertos es un aspecto crucial en la gestión de una empresa WEXLER, especialmente porque forma parte de un sector tan exigente como lo es la fabricación de piezas para automóviles. Este análisis se lleva a cabo a través de informes detallados que se generan de manera semanal y mensual, permitiendo un seguimiento continuo y preciso de la eficiencia operativa.

Estos informes incluyen un sistema de codificación que identifica hasta 100 posibles fallas dentro del área de producción. Cada código corresponde a una falla específica y está asociado a diferentes departamentos, como mantenimiento, producción, logística y calidad, entre otros. Esto permite no solo la identificación rápida de problemas, sino también la asignación de responsabilidades y la implementación de soluciones más eficientes.

Uno de los indicadores clave en estos informes es el OEE (Overall Equipment Effectiveness). El OEE es una métrica que combina tres factores esenciales: disponibilidad, rendimiento y calidad. Este indicador se utiliza para evaluar la efectividad de las máquinas de inyección de plástico, proporcionando una visión integral del desempeño.

1. **Disponibilidad:** mide el tiempo que las máquinas están operativas frente al tiempo planificado para la producción. Las paradas por fallas o mantenimientos no programados impactan negativamente en este componente.

2. **Rendimiento:** compare la velocidad real de producción con la velocidad teórica o ideal. Aquí se consideran las reducciones de velocidad y los pequeños paros que, aunque no detengan la producción, afectan la eficiencia.

3. **Calidad:** se refiere a la proporción de piezas que cumplen con las especificaciones de calidad frente al total producido. Las piezas defectuosas o rechazadas disminuyen este índice.

El OEE puede ser analizado de varias formas dentro del informe: por máquina individual, por grupos de producción, por turnos de trabajo y de manera general en toda la planta. Este análisis detallado permite identificar tendencias, áreas de mejora y medir la efectividad de las estrategias implementadas.

Además del OEE, los informes incluyen el análisis de piezas rechazadas. Al igual que con las fallas, cada causa de rechazo tiene un código específico que facilita su identificación y seguimiento. Este rechazo se mide tanto en el número de piezas como en el peso en kilogramos de material rechazado, proporcionando una visión completa de las pérdidas en términos de calidad y material.

La recopilación y análisis de estos datos permiten a la empresa tomar decisiones informadas para mejorar la eficiencia operativa, minimizar tiempos muertos y reducir el desperdicio, lo que es fundamental en un entorno de alta demanda y producción continua.

3.5 Historial de reporte de tiempos muertos desde febrero hasta junio 2024

A continuación, se muestra el reporte que se realizó correspondiente al mes de febrero 2024 y se explican los detalles del reporte antes mencionados. El reporte de febrero 2024 nos permite

ver cómo se encuentra la producción y los tiempos muertos de la empresa al inicio de este proyecto.

Este reporte se realiza en un libro de Excel el cual contiene diferentes hojas, en cada una se analizan datos de diferente manera para permitir un mejor entendimiento de datos de producción

En la figura 3.1 se muestra la hoja “report” y en la tabla 3.3 se explican los encabezados de la hoja

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
	Fecha registro	Nº orden fab.	Nº	Nº ruta	Capacidad máquina	Tipo de manufactura	Nº producto	Descripción	Cód. color / versión	Cód. turno trabajo	Cantidad salida	Hora inicial	Hora final	Tiempo efectivo	Tiempo paro	Cantidad salida (Reporte)	Cantidad rechazada	Cód. paro	Cód. rechazo
2																			
3	09/02/2024	4L0192	01M04	M0756	GRUPOI	Inyección	20E6045 TSIA	Revestimiento lqz Cond lqz Titan Schwarz	TSIA	1		07:00:00 a. m.	03:00:00 p. m.	240	0	552	0		
4	09/02/2024	4L0193	01M04	M0756	GRUPOI	Inyección	20E6046 TSIA	Ens. Revestimiento Der. Cond lqz Titan Schwarz	TSIA	1		07:00:00 a. m.	03:00:00 p. m.	240	0	552	0		
5	09/02/2024	4L01344	01M05	M0789	GRUPOI	Inyección	20H624301TS3A	Consola Central LL RDV/ Conduc. lqz Titan Schwarz	TS3A	1		07:00:00 a. m.	11:30:00 a. m.	270	0	310	12		11
6	09/02/2024	4L01344	01M05	M0789	GRUPOI	Inyección	20H624301TS3A	Consola Central LL RDV/ Conduc. lqz Titan Schwarz	TS3A	1		11:30:00 a. m.	12:00:00 p. m.	0	30	0	0	10.02	
7	09/02/2024	4L01236	01M05	M1023	GRUPOI	Inyección	42E6780 OBIB	Revest. de Asiento lqz Obsidian Black	OBIB	1		12:00:00 p. m.	12:30:00 p. m.	0	30	0	0	10.01	
8	09/02/2024	4L01236	01M05	M1023	GRUPOI	Inyección	42E6780 OBIB	Revest. de Asiento lqz Obsidian Black	OBIB	1		12:30:00 p. m.	01:00:00 p. m.	0	30	0	0	1.32	

Figura 3.19. Encabezados de la hoja report.

Tabla 3.3. Explicación de los encabezados del reporte

Encabezado del reporte	Descripción
Fecha registro	Se indica la fecha en que se llevó a cabo la operación
Nº orden fab.	Cada orden de fabricación debe de ir identificada con un codigo
Nº	Numero o identificación de la máquina en donde se realiza la operación
Nº ruta	Número del molde que se utilizó
Capacidad máquina	Se identifica el grupo al que pertenece la máquina
Tipo de manufactura	El tipo de manufactura o de producción que se realiza dentro de la empresa puede ser de inyección, pintura o ensamble
Nº producto	Cada producto o pieza debe identificarse con un código único.

Tabla 3.3. Explicación de los encabezados del reporte (continuación)

Descripción	Descripción visual y física de la pieza
Cód. color / versión	Se escribe el código del color de la pieza
Cód. turno trabajo	El turno en que se llevó a cabo la operación lo que puede 1°, 2° o 3° turno.
Cantidad salida	Cantidad final de piezas
Hora inicial	Hora en que se inició la operación
Hora final	Hora en que se finalizó la operación
Tiempo efectivo	Tiempo que trabajó la maquina
Tiempo paro	Tiempo que la máquina no trabajó
Cantidad salida (Reporte)	Cantidad de piezas de salida
Cantidad rechazada	Cantidad de piezas rechazadas
Cód. paro	Código por el cual la máquina entro en paro
Cód. rechazo	Código por el cual la máquina produjo piezas rechazadas

En las figuras 3.2 y 3.3 se muestra la hoja “concentrado” la cual es una parte donde se muestran todos los códigos que existen para identificar una causa de tiempo muerto. En la parte izquierda se muestran las maquinas que existen en la empresa y el grupo al que pertenecen. Por lo

que el contenido de la tabla muestra la suma del tiempo muerto que hubo durante el mes en cada máquina. Esto permite identificar las maquinas con mayor tiempo muerto y las causas principales de tiempo muerto.

C	D	Tiempo efectivo																			E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
						PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR

Figura 3.210. Hoja concentrado primera parte.

Así mismo, en la figura 3.3 se observa la cantidad de piezas programadas, las piezas reales producidas y la cantidad de piezas rechazadas. Seguido de eso se encuentra la tasa de desempeño, la tasa de calidad y el OEE de cada máquina

DK	DL	DM	DN	DO	DP	DQ	DR	DS	DT	DI	DV	DW	DX	DY	DZ	EA	EB
Rechazos	Pruebas IG		Tiempo del equipo %	Tasa de desempeño	Tasa de calidad	OEE	N° máquina	Rechazo	TM total		Salida fab. (kg.)	Rechazo (kg.)		Tasa de calidad	OEE	N° máquina	Rechazo
188	-		87%	100.0%	99%	####	01M03	0.7%	50.92		7,059	52		99%	0.8642	01M03	0.7%
1,661	-		80%	100.0%	98%	####	01M04	2.5%	129.83		31,134	740		98%	0.7856	01M04	2.4%
2,687	-		77%	100.0%	94%	####	01M05	6.4%	139.77		17,807	1,052		94%	0.7292	01M05	5.9%
2,041	-		76%	100.0%	96%	####	01M06	3.7%	131.30		10,344	431		96%	0.7264	01M06	4.2%
1,258	-		85%	87.6%	97%	####	01M07	2.6%	77.90		14,398	425		97%	0.7252	01M07	3.0%
268	-		76%	100.0%	99%	####	01M08	1.2%	49.67		3,115	72		98%	0.7377	01M08	2.3%
373	-		65%	100.0%	97%	####	01M09	3.4%	45.48		1,893	68		96%	0.6247	01M09	3.6%
541	-		68%	98.6%	96%	####	01M11	3.9%	101.95		6,909	307		96%	0.6428	01M11	4.4%
4,803	-		72%	100.0%	95%	####	01M12	4.8%	155.42		4,325	155		96%	0.6943	01M12	3.6%

Figura 3.311. Hoja concentrado segunda parte.

La hoja principal de este reporte es la llamada “OEE” la cual se muestra en la gráfica de la figura 3.4 y la figura 3.5. En esta hoja se puede observar de manera rápida y grafica la distribución de los tiempos muertos que hubo durante el mes de febrero. En la parte izquierda de la figura se observan dos tablas en donde se tiene las diferentes áreas de la empresa el total de minutos de tiempo muerto durante el mes y el porcentaje de tiempo muerto. Tanto en la gráfica de barras como

en la gráfica de pastel se puede observar rápidamente cual es el área responsable del mayor tiempo muerto (en horas y en porcentaje) que hubo durante el mes. En ambas graficas se puede observar la principal causa del tiempo muerto en la empresa se debe a la intervención del departamento de mantenimiento con el 58.7% y más específicamente al área de mantenimiento servicios con un total de 1160.21 horas.

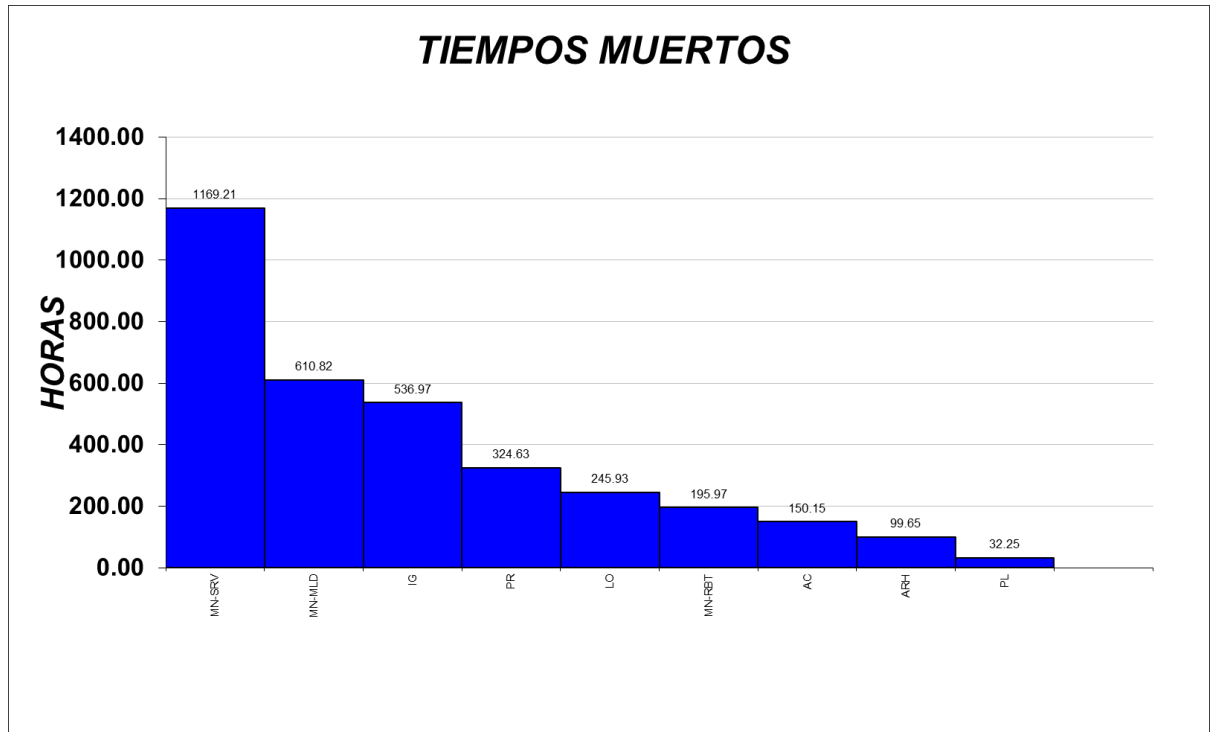


Figura 3.412. Grafica de barras de tiempos muertos en febrero 2024

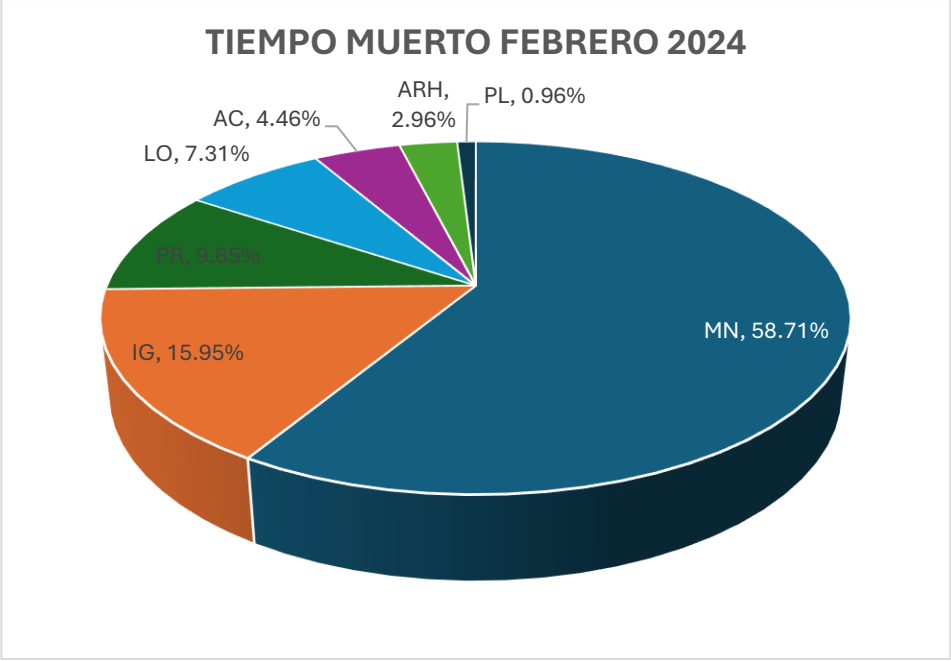


Figura 3.513. Grafica de pastel de tiempos muertos en febrero 2024.

3.6 Historial de tiempos muertos de febrero a junio

En base a los reportes de producción y tiempos muertos se elaboró la tabla 3.4 y la tabla 3.5 las cuales muestran el historial de tiempo muerto correspondiente a cada área en cada mes de febrero a junio 2024

Tabla 3.4. Tiempos muertos por area

Tiempos muertos (en horas)					
Área	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
MN	1975.99	2918.33	2563.30	2918.33	2417.600
IG	536.97	758.65	713.25	758.65	775.892
PR	324.63	379.91	402.30	379.91	338.992
LO	245.93	284.68	381.45	284.68	221.950
AC	150.15	95.97	103.28	95.97	87.867
ARH	99.65	43.67	14.75	43.67	79.717
PL	32.25	40.68	30.90	40.68	37.400

Tabla 3.5. Porcentaje de tiempos muertos por área

Tiempos muertos (en porcentaje)					
Área	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
MN	58.7%	64.5%	60.9%	64.5%	61.1%
IG	16.0%	16.8%	16.9%	16.8%	19.6%
PR	9.6%	8.4%	9.6%	8.4%	8.6%
LO	7.3%	6.3%	9.1%	6.3%	5.6%
AC	4.5%	2.1%	2.5%	2.1%	2.2%
ARH	3.0%	1.0%	0.4%	1.0%	2.0%
PL	1.0%	0.9%	0.7%	0.9%	0.9%

A continuación, en la figura 3.6 se muestra en forma porcentual los tiempos muertos de estos meses. En la gráfica se puede visualizar de mejor manera que el área de mantenimiento es la mayor responsable de los tiempos muertos en la producción de la empresa. Por lo tanto, es importante enfocar proyectos a esta área con el fin de realizar las tareas de mantenimiento más rápida y eficazmente.

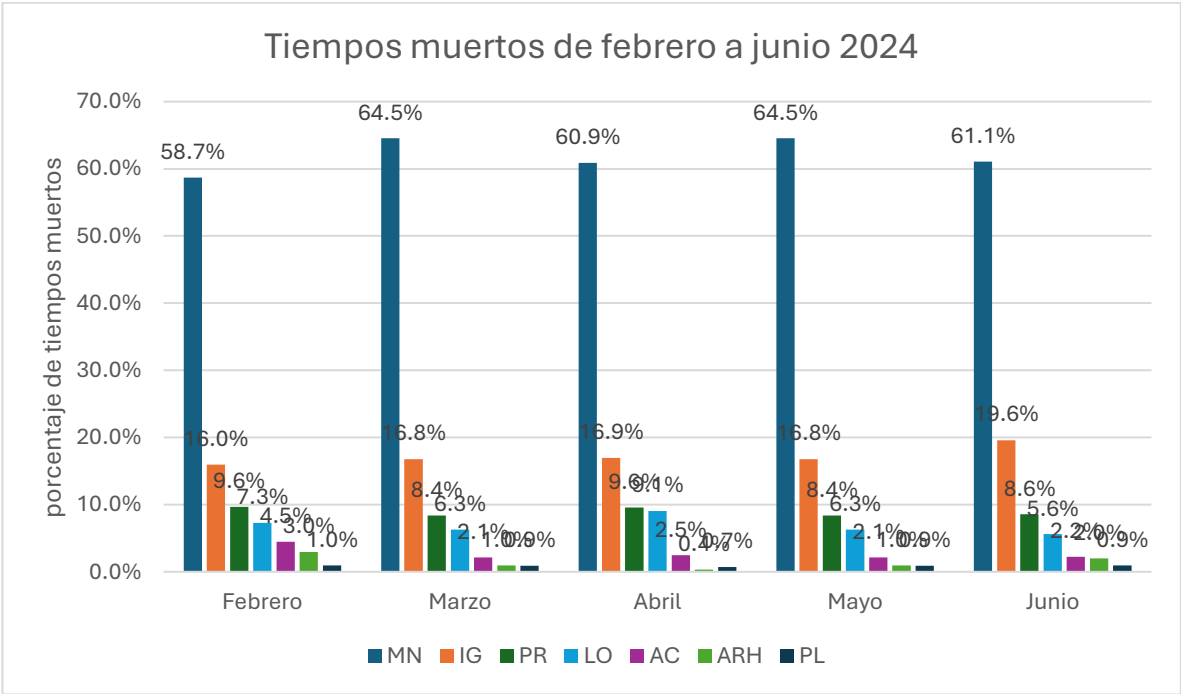


Figura 3.614. Tiempos muertos de febrero a junio 2024.

3.7 Reporte de 80 20

Ya que se tiene identificada el área responsable principal de los tiempos muertos se procederá a realizar otro reporte que se basa en el principio de Pareto (regla de 80 20) dentro de este reporte se tiene todos los códigos de tiempos muertos que le corresponden al área de mantenimiento. Por lo tanto, este reporte ayudará a conocer de manera más profunda cual es problema por el que se tienen mayores tiempos muertos.

Para lo anterior se toma el reporte correspondiente al mes de febrero. Los datos de este reporte los proporciona el personal de la empresa, cuando existe tiempo muerto los operadores deben reportar la cantidad de tiempo y el código por el cual se causó. En este reporte de 80 20 se dividen los códigos de paro por área o departamento. Para los del área de mantenimiento se divide en tres subáreas las cuales son mantenimiento servicios, mantenimiento moldes y mantenimiento robots. Como se observó en el reporte pasado existen más paros debido a la intervención de mantenimiento servicios, por lo tanto, se toma esta parte del reporte y se muestra en la tabla 3.6.

En la tabla se muestran los códigos de paro y su descripción, estas fallas deben ser atendidas por el departamento de mantenimiento servicios. En las columnas siguientes se muestran la sumatoria de tiempo muerto durante el mes y el tiempo muerto que hubo en cada uno de los tres grupos de máquinas. Seguido de eso se muestra el porcentaje del total de tiempo muerto. Las filas de color rojo muestran el 80% de las causas del tiempo muerto. Por lo tanto, atender estas fallas es de mayor importancia.

Tabla 3.6. Tiempos muertos por intervención de mantenimiento en febrero 2024

		Tiempo muerto MN SER Febrero - 2024					
			G1	G2	G3		
			52.38 %	28.36 %	19.27 %		
		1169.21	612.40	331.54	225.27	%	
24	Falla de máquina	583.56	299.02	147.41	137.13	49.91%	81.87%
19	Desviación de temperaturas	180.25	93.283	75.30	11.67	15.42%	
10.0	Falla de maquina en cambio de molde	105.22	48.75	47.80	8.67	9.00%	
5	Falla de equipo	88.15	51.967	23.72	12.47	7.54%	
42							
22	Falla de termoregulador	69.00	10.08	22.33	36.58	5.90%	18.13%
83	Falla de Feeder Bowl	33.12	33.12	0.00	0.00	2.83%	
	Fuga de manguera agua (maquina)	29.03	28.53	0.50	0.00	2.48%	
26	Falta de energía eléctrica (Externa)	16.10	10.80	3.55	1.75	1.38%	
18	Falla de energía eléctrica (interna)	14.90	9.87	3.37	1.67	1.27%	
44	Falta de termoregulador	14.65	0.67	4.15	9.83	1.25%	
16	Fugas hidráulicas en máquina	11.70	11.70	0.00	0.00	1.00%	
25	Falla de canal caliente rt	9.28	7.12	2.17	0.00	0.79%	
21	Falla de grúa	8.00	6.75	1.25	0.00	0.68%	
43	Mantenimiento correctivo a equipo	5.50	0.00	0.00	5.50	0.47%	
45	Falla de pigmentador	0.75	0.75	0.00	0.00	0.06%	
35	Falla de equipo de ultrasonido	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
15	Falla de aire	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
17	Falla de aspiradora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
20	Falla de equipo de inyección de gas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
23	Falla pistola	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
40	Falla olla	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
41	Ajuste de puntos por cambio de sonotrodos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
84							

En la figura 3.7 se muestran las causas de color rojo de la tabla 3.6 y la sumatoria del tiempo muerto total.

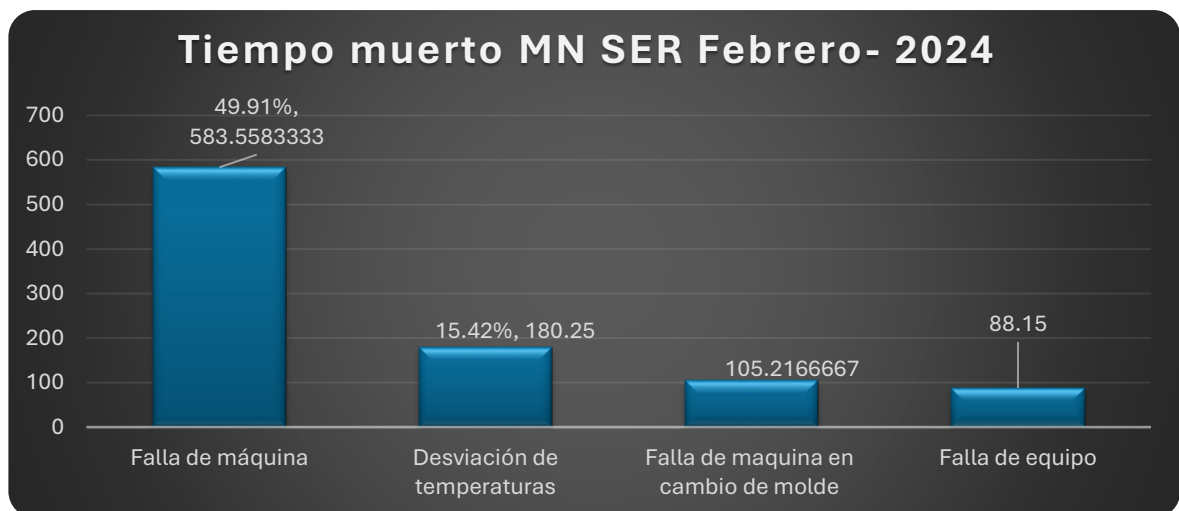


Figura 3.715. Principales causas de tiempo muerto debido a la intervención de mantenimiento en febrero 2024

Como se observa en la figura 3.7 las principales causas de tiempo muerto son falla de máquina, desviación de temperaturas, falla de máquina en cambio de molde y falla de equipo. Como se vio en las limitaciones del proyecto, no se abordarían las fallas presentes en la máquina ya que estas requieren de personal especialista o incluso de la intervención del personal del proveedor.

Dado lo anterior, los problemas a abordar en este proyecto son las que le siguen y que mencionan los códigos de tiempos muertos de la table anterior, las cuales son falla de equipos, fallas de termorregulador y falla de Feeder Bowl. En cuanto a las fallas de equipo estos involucran a los equipos periféricos, que a parte del termorregulador y Feeder Bowl también se encuentran el pigmentador, aspiradora, molino, etc. y son estos equipos en los cuales se enfocan los planes de mantenimiento.

3.8 Planes de mantenimiento de los equipos periféricos

Los planes de mantenimiento actuales para los equipos periféricos en la empresa se caracterizan por estar basados en preguntas e instrucciones genéricas y sencillas. Estos planes, en su mayoría, no consideran de manera integral las recomendaciones específicas del fabricante del equipo, especialmente en lo que respecta a las actividades detalladas y los periodos de mantenimiento sugeridos. Esta falta de alineación entre las recomendaciones del fabricante y las prácticas actuales de mantenimiento ha dado lugar a una serie de problemas que afectan negativamente la operatividad y eficiencia de los equipos. En la figura 3.8 se muestra un ejemplo de los planes de mantenimiento actuales para los equipos termorregulador.

01TE107 - Termorregulador de agua

Localización: MPO

Equipo padre: 01M140 - MAQUINA DE INYECCION ENGEL DUO 7050/1300 184581

Color de tarjeta

Actividades rutinarias

Limpieza de tanque de agua

Comentario: *se reviso el tanque*

Limpieza de flotador indicador de nivel de agua

Comentario: *no se limpia*

Limpieza de resistencia

Comentario: *la resistencia aun funciona*

Limpieza de intercambiador de calor

Comentario: *se limpio con swipe*

Limpieza de bloque de distribución de agua

Comentario: *no se limpio*

Limpieza de valvulas selenoides

Comentario: *se revisaron los volvulos*

Limpieza de tubería de carga y descarga de agua

Comentario: *no presente problemas*

Limpia bomba y motor con aire comprimido

Refacciones

MIA9-3-2 DIELECTRONICO 1 PZ

Comentario: *se limpia la bomba con aire comprimido*

Limpia filtro de agua

Refacciones

EDC1-55 TRAPO 0.2 KG

AM11DESE001 Swipe (Desengrasante concentrado biodegradable) 0.02 TM

Pag. 1

OTP60529MN

Figura 3.816. Planes de mantenimiento actuales para Termorregulador

Uno de los principales inconvenientes de estos planes de mantenimiento es que, al no seguir las directrices técnicas proporcionadas por los fabricantes, los equipos periféricos no reciben un mantenimiento preventivo ni correctivo de manera eficaz. Las instrucciones genéricas que se emplean no logran abordar de manera adecuada las necesidades específicas de cada equipo, lo que resulta en un enfoque superficial y, en muchos casos, insuficiente para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos a largo plazo.

La implementación de estos planes de mantenimiento también se ve afectada por la falta de un cronograma bien definido y adaptado a las características individuales de cada equipo. Debido a esto, el tiempo necesario para completar las actividades de mantenimiento suele ser excesivo, lo que se traduce en una reducción de la eficiencia operativa. En algunas ocasiones, el personal de mantenimiento se ve obligado a realizar actividades adicionales que no están contempladas en las instrucciones básicas, lo que no solo incrementa el tiempo de inactividad de los equipos, sino que también puede resultar en la realización de tareas innecesarias que no contribuyen al mantenimiento real del equipo.

Por otro lado, hay ocasiones en las que se omiten actividades críticas que sí son recomendadas por el fabricante, lo que pone en riesgo la confiabilidad y disponibilidad de los equipos. Esta omisión puede deberse a una falta de conocimiento o a una subestimación de la importancia de estas actividades, lo que resulta en un mantenimiento incompleto. Como consecuencia, los equipos están más propensos a fallas inesperadas que no solo generan tiempos muertos, sino que también provocan atrasos en la producción, afectando la capacidad de la empresa para cumplir con los plazos de entrega y la calidad esperada por los clientes.

Además, la falta de un mantenimiento adecuado incrementa el riesgo de que las fallas sean más graves cuando finalmente ocurren, lo que a su vez requiere reparaciones más costosas y

prolongadas. Este ciclo de mantenimiento ineficaz y fallas recurrentes genera un impacto significativo en la productividad de la planta y en los costos operativos, haciendo evidente la necesidad de revisar y mejorar los planes de mantenimiento actuales.

3.9 Análisis causa raíz

Como es costumbre en la empresa Wexler cada vez que existe algún problema se realiza un análisis con participación del personal del área implicada con la finalidad de encontrar las posibles causas del problema, la causa raíz del problema y de elaborar un plan de acción para corregir dicho problema y al mismo tiempo evitar que esto vuelva a ocurrir en el futuro, o en caso de que se repita el problema ya se tendrá un antecedente y se estará preparado para encontrar una solución pronta. A continuación, se presenta el formato del diagrama de Ishikawa donde y los 5 porqués para profundizar en las posibles causas del problema (figuras 3.9 y 3.10).

Una vez identificadas las causas raíz utilizando estas herramientas, el siguiente paso será el desarrollo de planes de acción detallados (figura 3.11). Estos planes de acción están diseñados para abordar las causas identificadas de manera específica y sistemática, asegurando que se implementen las correcciones necesarias para prevenir la recurrencia del problema. Los planes de acción incluirán actividades concretas, responsables asignados, plazos definidos y criterios de éxito claros, todo ello con el objetivo de lograr una solución sostenible y efectiva.

El enfoque integral que combina los "5 Porqués", el diagrama de Ishikawa y los planes de acción no solo busca resolver el problema inmediato, sino también fortalecer el proceso de mejora continua dentro de la empresa. Al atacar directamente las causas raíz y establecer medidas correctivas sólidas, se reduce la probabilidad de que el problema vuelva a ocurrir, mejorando así la eficiencia operativa y contribuyendo al éxito a largo plazo de la empresa.

Análisis Causa - Raíz

(Diagrama Causa- Efecto)

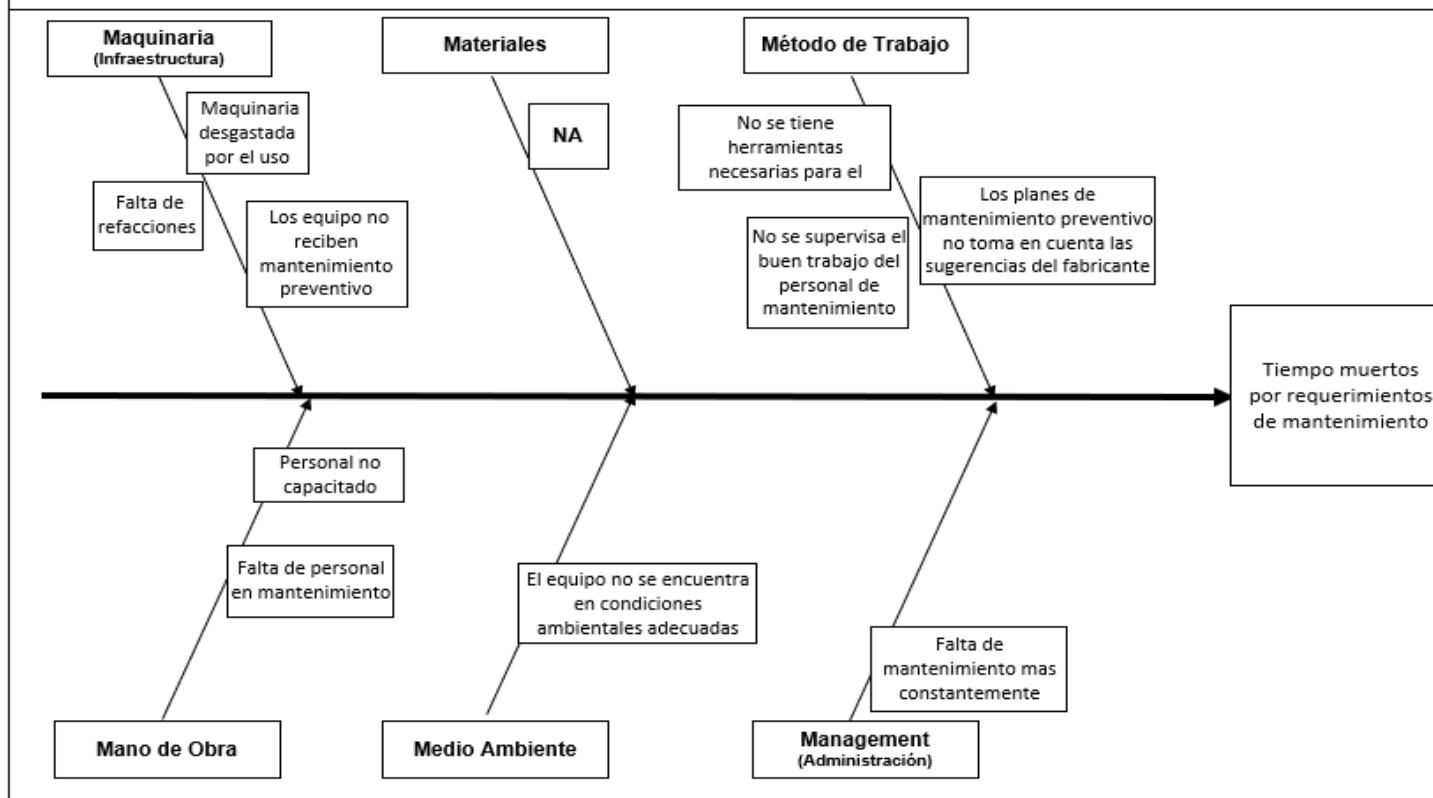
Fecha de Emisión:

02/04/2024



Descripción del Problema:

Tiempo muertos por requerimientos de mantenimiento



Nombre y Firma Jesús Carreño

Equipo: Jesús Carreño

No. Plan de
Acción, Report o
Alerta de Calidad:

Figura 3.917. Diagrama de Ishikawa para identificación de las posibles causas del problema

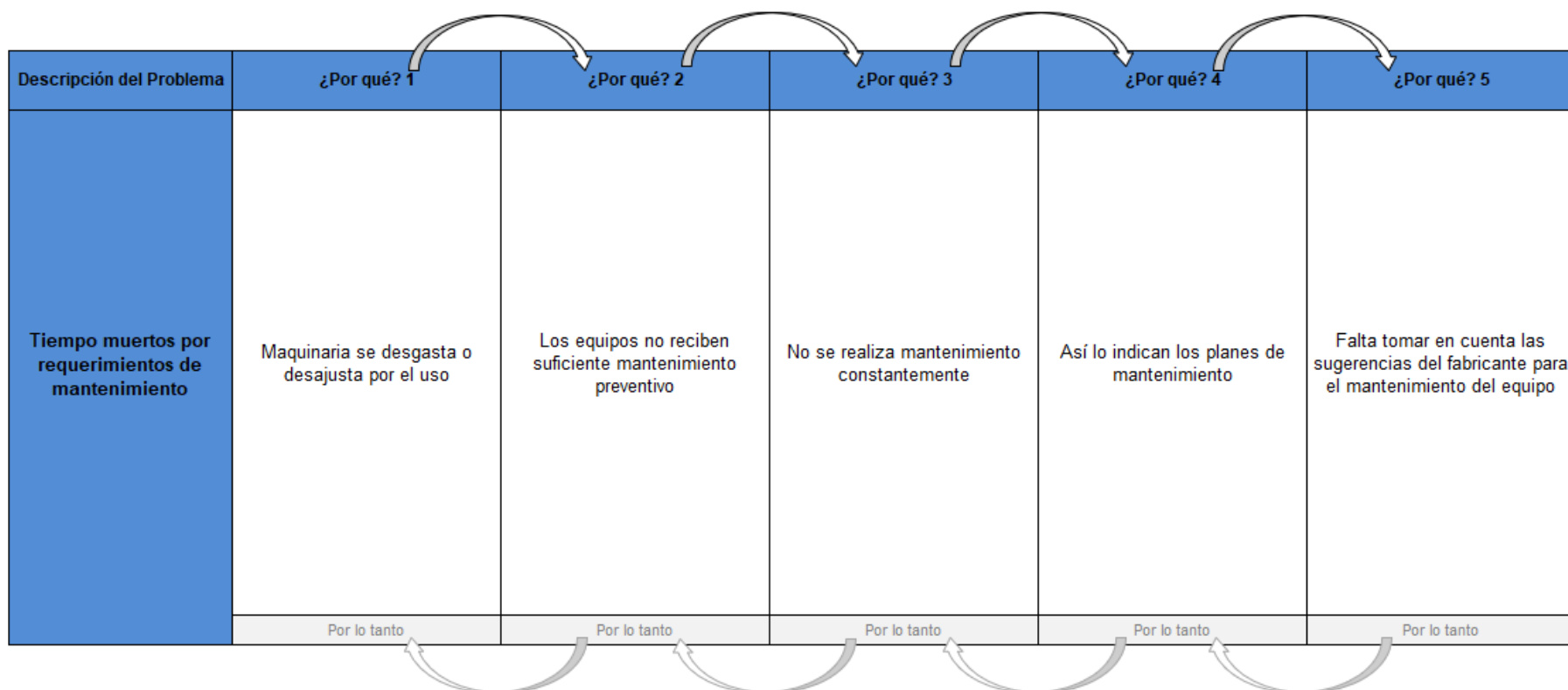
Solución de Problemas, Análisis Causa-Raíz

Fecha de Emisión:

02/04/2024



5 ¿Por qué?



Equipo: Jesús Carreño

Figura 3.1018. 5 porqués para identificación de la causa raíz del problema

Nº de Acción/seguimiento: _____

PLAN DE ACCION (Action Plan)



Correctivo ☐ Preventivo ☒

Área-Tema-Origen:

Tiempo muertos por requerimientos de mantenimiento

Fecha de emisión: 02-04-2024

Parte Interesada: PR.MPO

TOTAL
3

TOTAL
0

AVANCES



Hoja 01 de <xx>

ITEM	Prioridad Priority	Descripción del problema, falla y/o Causa Raiz Problem description, failure, root cause	Acciones/Actividades Actions/Activities	Lider Responsable	Fecha de inicio / apertura	Plazo Cierre Due date	Fecha real de cierre	Ultima actualización	20	40	60	80	100	Contra medidas / observaciones Remarks
1		Tiempo muertos por requerimientos de mantenimiento	Investigar información de mantenimiento de los equipos perifericos en sus respectivos manuales de fabricante		2-Apr-24									Na valvies a ocurrir ese error
2		Tiempo muertos por requerimientos de mantenimiento	Organizar la información de mantenimiento de los equipo para armar planes de mantenimiento según las sugerencias de los fabricantes		2-Apr-24									
3		Tiempo muertos por requerimientos de mantenimiento	Con la información recopilada, capacitar al personal para buscar su contribución en el mantenimiento de los equipos		2-Apr-24									
Team: Jesús Carreño				Copia Para:				Jesús Carreño						
								Nombre				Nombre		
								Fecha:				Fecha:		

Figura 3.1119. Plan de acción para corrección del problema.

4. Resultados

Estos planes de mantenimiento ayudaran al personal de mantenimiento y servicios a tener presente las actividades que deben realizar y poner mayor atención a las partes de los equipos más delicadas y que requieren una mayor atención para prologar su vida útil y evitar que fallen. De este modo los equipos podrán funcionar en óptimas condiciones brindado mayor disponibilidad para las operaciones de la empresa.

A continuación, se muestran los planes de mantenimiento en forma de check list. Para estos planes de mantenimiento se recopiló información de los manuales y se toman en cuenta las recomendaciones de los fabricantes de los respectivos equipos, igualmente para estos planes de mantenimiento se consideró la experiencia del personal del área de mantenimiento, ya que ellos al estar relacionados con los equipos conocen mejor su funcionamiento y las formas en las que se podría simplificar o mejorar el mantenimiento a cada equipo.

En la figura 4.1 se muestra el plan de mantenimiento en el formato completo para el equipo HB-Therm Thermo-5.

Plan de mantenimiento preventivo para HB-Therm Thermo-5**Equipo:****Responsable:****Fecha:**

HB-Therm Thermo-5		
Intervalo	Actividad	Cumple
Trimestralmente	Limpieza de filtro de agua de refrigeración	
	Limpieza de filtro de retorno	
	Limpieza de ventilador de la bomba	
	Limpieza de filtro de chapa frontal	
	Apretar atornilladuras	
	Comprobar buen funcionamiento de juntas	
Semestralmente	Comprobar que no exista desgaste en la bomba	
	Limpieza de la bomba	
	Comprobar que no presente obturaciones y sedimentos en la calefacción	
	Limpieza de la calefacción	
	Limpieza de las valvulas	
	Comprobar que no presente obturaciones y sedimentos en el radiador	
	Limpieza del radiador	
	Comprobar buen funcionamiento de la valvula de seguridad	
	Limpieza de la valvula de seguridad	
Cada año y medio	Comprobar que no se presenten daños en el revestimiento exterior y en la zona de las juntas de los conductos flexibles hidraulicos	
	Comprobar la sujeción del termostato de seguridad	
	Comprobar que el cableado eléctrico no presente daños en el revestimiento exterior del cableado electrico	
	De ser necesario sustituir cableado eléctrico	
	Comprobar la precisión de la medición de temperatura	
	Comprobar la precisión de la medición de presión	
Comentario		

Figura 4.120. Formato de plan de mantenimiento, equipo termorregulador HB THERM

Equipo Triturador

Tabla 7. Check list equipo triturador Goliath puls

Check list Triturador GOLIATH PULS ACP		
Intervalo	Actividad	Cumple
Al parar el triturador	Abrir tolva y quitar el material residual en la cámara de corte	
	Abrir el cajón de recogida de los gránulos y limpiarlo	
	Limpiar con pistola de aire comprimido	
Diario	Comprobar el funcionamiento del paro de emergencia	
Semanal	Comprobar el estado de los cables de conexión de la máquina	
	Inspeccionar el filo de las cuchillas y afilar o cambiar si es necesario	
	Comprobar el estado y funcionamiento de los elementos de seguridad (seguridad de cajón y seguridad de tolva)	
Semestral	Comprobar el bloqueo de los peines y contra peines.	
	Comprobar el desgaste de los rodillos y peines	
	Apretar tornillos	
	Comprobar la presencia de posibles fisuras en las cuchillas del rotor	
Anualmente	Comprobar el estado de las cuchillas de los rotores. Afilar el contorno de los mismos	
	Comprobar el desgaste de los guardapolvos y cambiarlos si es necesario	
	Revisión del estado de los tornillo, rondanas y tuercas	
	Revisar el estado de los rodamientos del motor	
	Comprobar el nivel de aceite del motorreductor	
Comentario		

Equipo Termo GWK

Tabla 8. Check list equipo termorregulador GWK

Termorregulador GWK		
Intervalo	Actividad	Cumple
Mensualmente	Controlar las características de la marcha normal del aparato y los ajustes de los instrumentos.	
	Revisar válvula de seguridad	
	Revisar correcto control de temperatura (real vs programada)	
	Control de sensores de temperatura	
Trimestralmente	Comprobar el flujo del refrigerante y el nivel aceite posterior a parar el compresor del equipo. El indicador de humedad del fluido debe verse en color verde, lo que quiere decir que está en buenas condiciones y libre de agua. En caso de aparecer en amarillo, quiere decir que se encuentra agua en el circuito de frío y que el secador no puede absorber más agua.	
	Sopletear los depósitos de polvo con aire comprimido	
	Limpieza del flotador	
	Limpieza del intercambiador de calor y las resistencias	
	Apretar conexiones de agua y eléctricas	
	Limpieza de tanque de agua	
Anualmente	Limpieza y apretar los contactos eléctricos de los circuitos de control y comunicación	
	Reemplazar las piezas consumibles	
	Limpiar bomba y motor con aire comprimido	
	Control del estado de las bombas, vibración, temperatura y ruido	
	Limpiar internamente el equipo	
Comentario	De ser posible consultar un técnico frigorista para que examine el equipo	

Equipo Tolva de secadores

Tabla 9. Check list equipo tolva de secadores

Check list Tolva de secadores		
Intervalo	Actividad	Cumple
Diariamente	Corroborar que las señales de advertencia en el equipo son legibles y se encuentren en buenas condiciones	
	Comprobar que no existan fugas de material ni deformaciones	
	Revisar que no exista acumulación de material en el interior	
Semanalmente	Limpiar el interior de la tolva	
	Limpiar los conductos de alimentación	
	Comprobar el funcionamiento del botón de encendido y apagado	
Semestralmente	Verificar las conexiones eléctricas	
	Verificar que las conexiones eléctricas y mecánicas estén bien ajustadas.	
Anualmente	Revisar y probar los dispositivos de alarma y de seguridad	
	Revisar y si es necesario reemplazar los filtros de aire	
	Comprobar que el disco dosificador se encuentre en buenas condiciones	
Cada que hay cambio de material	Limpiar la estación de dosificación	
	Comprobar que la placa de dosificación se encuentre en buen estado	
	Verificar que el disco dosificador se esté en buenas condiciones.	
Comentario		

Equipo secador de aire

Tabla 10. Check list secadores de aire SMC

Secador de aire SMC		
Intervalo	Actividad	cumple
Diariamente	Comprobar que no hay fugas de aire	
	Comprobar que no existe sonido o vibración anormal	
	La luz de marcha se enciende durante el funcionamiento	
	El drenaje se está descargando del tubo de drenaje	
	El puntero del termómetro evaporado indica entre 3 y 10 °C menos que la temperatura ambiente	
Mensual	Asegurar que el equipo funciona dentro de los rangos de temperatura y presión normales	
	Asegurar que el equipo trabaja sin ruidos anormales	
	Comprobar el estado del manómetro y otros equipos de medición para asegurarse de tener lecturas precisas	
	Probar el sistema de control de temperatura y que esté dentro de los rangos establecidos	
	Limpiar los filtros de aire	
	Limpiar las rejillas de ventilación	
	Asegurar el indicador de nivel está dentro de los parámetros normales	
Semestralmente	Revisar y ajustar las válvulas de control de flujo	
	Inspeccionar y lubricar los rodamientos del compresor y ventilador	
	Limpiar polvo y partículas extrañas del área de ventilación con una aspiradora o boquilla de aire	
Anual	Limpiar o reemplazar los filtros del sistema de refrigeración	
	Revisar que los componentes electrónicos estén en buen estado	
	Realizar calibración completa del sistema	
	Probar los dispositivos de seguridad	
	Limpiar caja de drenaje	
Comentario		

Equipo compresor de aire

Tabla 11.. Check list compresor de aire sullair

Compresor de aire Sullair		
Intervalo	Actividad	Cumple
Mensualmente	Comprobar el nivel de líquido en el tanque	
	asegurarse de que se monitorean las lecturas correctas en fase de funcionamiento	
	Revisar que no haya fugas de aire	
	Revisar que no haya fugas de aceite en las mangueras	
Trimestralmente	Verificar que el equipo funciona sin ruidos anormales	
	Asegurar las conexiones de aire	
	Asegurar las conexiones eléctricas	
	Limpiar o cambiar los filtros de aire	
	Limpieza del filtro de la línea de retorno	
Semestralmente	Reemplazar el elemento del filtro de fluido	
	Realizar pruebas de presión para asegurarse de que se encuentran en rangos normales	
	Revisar y ajustar las válvulas de control de aire	
	Inspeccionar y lubricar los rodamientos	
	Comprobar el filtro de aire y cambiar si es necesario	
	Drenar el tanque y cambiar el líquido del compresor	
Anualmente	Inspeccionar las válvulas de seguridad	
	Probar los dispositivos de seguridad	
	Inspeccionar los componentes eléctricos	
Comentario		

Equipo molino de plástico

Tabla 12. Check list molino Wanner

Molino Wanner		
Intervalo	Actividad	Cumple
Mensualmente	Comprobar el correcto funcionamiento de los dispositivos de seguridad	
	Apretar tornillos de fijación de las cuchillas	
	Limpiar las rejillas de ventilación	
	Asegurarse de que no se presentan ruidos anormales	
	Verificar que el material se tritura y no se atasca	
	Limpiar filtros de aire	
	Control de desgaste de la criba	
	Verificar que las cuchillas estén ajustadas y lubricadas	
	Abrir el equipo y sopletear	
	Inspeccionar las cuchillas del molino en busca de desgaste	
semestralmente	Control de desgaste de la placa posterior	
	Comprobar el funcionamiento de los dispositivos de seguridad	
	Realizar pruebas de vibración	
	Verificar el estado del motor	
	Control de desgaste de la placa lateral	
anualmente	Verificar el estado de los rodamientos del molino, lubricarlos o cambiarlos	
	Inspeccionar y probar los dispositivos eléctricos	
	Realizar inspección y limpieza profunda e interna del equipo	
	Desmontar y limpiar el sistema de corte	
	Cambiar el aceite del motor de los engranes	
Comentario		

Equipo Termorregulador Turbogel

Tabla 13. Check list termorregulador turbogel

Termorregulador Turbogel		
Intervalo	Actividad	Cumple
semanalmente	revisar y limpiar los filtros de agua	
	Revisar visualmente el estado del equipo	
	Verificar que no existan fugas de agua, aceite y refrigerante	
mensualmente	Realizar pruebas de calibración de la temperatura	
	Limpieza del tanque de agua	
	Limpieza del intercambiador de calor	
	Limpieza del flotador de nivel de agua	
	Inspeccionar el estado de la bomba	
Semestral	Revisar el estado de las válvulas de control de flujo	
	Apretar sujeción de motobomba	
	Apretar conexiones de agua y eléctricas	
	Verificar que las pantallas de control funcionen correctamente	
anualmente Enero	Verificar ausencia de ruidos, fugas, vibraciones o sobrecalentamientos	
	Inspeccionar y apretar mangueras	
	Control del estado de la bomba contra vibración, ruido y temperatura	
	Probar el funcionamiento de las alarmas	
	Comprobar lectura de transductores de temperatura	
	Probar los dispositivos de seguridad como fusibles y disyuntores	
	Verificar las conexiones eléctricas e inspección visual de los componentes	
	Limpieza interna de los dispositivos como sensores, resistencias y válvulas	
	Limpiar polvo de contactores	
Comentario		

Equipo Sistema de enfriamiento

Tabla 14. Check list sistema de enfriamiento Vac Therm Thermal Care

Vac Therm Thermal Care		
Intervalo	Actividad	Cumple
Semanalmente	Revisar todas las conexiones de línea de agua para evitar fugas	
	Revisar que la temperatura de proceso se mantenga cerca de la temperatura de ajuste	
	Verificar la presión de descarga de la bomba	
	revisar y limpiar los filtros de agua	
	Revisar visualmente el estado del equipo	
	Verificar que no existan fugas de agua, aceite y refrigerante	
Mensualmente	Verificar el estado de las conexiones eléctricas	
	Realizar pruebas de calibración de la temperatura	
	Limpieza del tanque de agua	
	Limpieza del intercambiador de calor	
	Limpieza del flotador de nivel de agua	
	Inspeccionar el estado de la bomba	
	Limpiar los residuos del filtro del intercambiador de calor	
	Verificar que el voltaje de entrada esté dentro del 10% del voltaje de diseño	
Semestral	Revisar el estado de las válvulas de control de flujo	
	Apretar sujeción de motobomba	
	Apretar conexiones de agua y eléctricas	
	Verificar que las pantallas de control funcionen correctamente	
anualmente	Inspeccionar cuidadosamente todo el equipo y limpiarlo a profundidad	
	Inspeccionar y apretar mangueras	
	Control del estado de la bomba contra vibración, ruido y temperatura	
	Probar el funcionamiento de las alarmas	
	Comprobar lectura de transductores de temperatura	
	Probar los dispositivos de seguridad como fusibles y disyuntores	
	Verificar las conexiones eléctricas e inspección visual de los componentes	
	Limpieza interna de los dispositivos como sensores, resistencias y válvulas	
	Limpiar polvo de contactores	
Comentario		

Conclusiones

A lo largo de este proyecto se le ha dado seguimiento de manera general a las fallas presentes en los equipos periféricos, se ha destacado la utilidad e importancia de llevar a cabo reportes de producción y tiempos muertos pues a través del análisis de estos se pueden implementar mejoras en el proceso, máquinas o equipos menos eficientes. Con esto se mantiene una mejora continua que beneficia la producción y estabilidad de la empresa.

El desarrollo de este proyecto también ha permitido establecer una gestión diferente en cuanto al mantenimiento de los equipos periféricos utilizados en el proceso de inyección de plástico en la empresa. A lo largo del proyecto, se ha expuesto la importancia de contar con planes de mantenimiento preventivo bien estructurados, que tomen en cuenta las recomendaciones del fabricante, y que también se ajusten a las necesidades operativas y productivas específicas de la empresa.

Mediante el uso de herramientas como los 5 porqués, el diagrama de Ishikawa y la implementación de planes de acción correctiva, se ha logrado identificar la raíz de estos problemas y se han propuesto soluciones que, de ser aplicadas correctamente, permitirán mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, optimizando así los recursos y reduciendo los tiempos de inactividad.

Este proyecto destaca la necesidad de un enfoque más estructurado y proactivo en la gestión del mantenimiento, que involucre tanto la planificación detallada como el análisis continuo de los fallos y las oportunidades de mejora. Con la implementación de estas estrategias, se espera no solo un aumento en la eficiencia operativa, sino también una mayor durabilidad de los equipos y una reducción significativa de los costos asociados al mantenimiento correctivo.

Competencias desarrolladas y/o aplicadas.

Análisis de reportes y datos: se aplicó la competencia de interpretación y análisis para los reportes semanales y mensuales de producción, tiempos muertos, fallas y OEE. Esto permitió identificar patrones y tomar decisiones informadas para mejorar la eficiencia de los equipos periféricos.

Resolución de problemas: Se implementaron herramientas como los 5 porqués y el diagrama de Ishikawa, lo que potenció la capacidad para identificar la causa raíz de los problemas y desarrollar planes de acción efectivos para su solución.

Comunicación efectiva: El intercambio de información clara y precisa entre los departamentos de mantenimiento, producción y otros, fue importante para implementar acciones y garantizar que los involucrados estuvieran alineados en los objetivos del proyecto.

Toma de decisiones basadas en datos: El análisis de datos de producción, fallas y mantenimiento permitió una toma de decisiones más informada, asegurando que las acciones propuestas estuvieran respaldadas por hechos y no por suposiciones.

Mantenimiento: Se comprendió la importancia de llevar a cabo mantenimiento preventivo en los equipos periféricos de la empresa y que para esto es necesario contar con planes de mantenimiento bien estructurados que permitan llevar a cabo las actividades de manera rápida y sencilla.

Fuentes de información

Libros

Navarro, J. D. (2007). *Técnicas de mantenimiento industrial*.

Ros Moreno, A. (2010). *MANTENIMIENTO INDUSTRIAL-I (Recopilación)*.

Navarro Elola, L. & Pastor Tejedor, A. C. (1997). *Gestión integral de mantenimiento*. Marcombo.

Páginas de Internet

Rosales, J. R. (2023, 31 julio). Disponibilidad y confiabilidad en el mantenimiento. Fractal.

Recuperado 2 de julio de 2024, de <https://www.fractal.com/es/mantenipedia/que-es-la-confiabilidad-en-el-mantenimiento-y-como-calcularla>

Ruiz Frias, J. (2023, 19 julio). Equipos periféricos Inyección [Diapositivas]. SlideShare.

<https://es.slideshare.net/CarlosMolina271972/equipos-perifericos-inyeccion>

Rodríguez, J. (2024, 22 agosto). 5 porqués ¿Cómo aplicar correctamente esta metodología? SPC

Consulting Group. Recuperado 6 de julio de 2024, de <https://spcgroup.com.mx/5-porque-como-aplicar-correctamente-esta-metodologia/>

Rodríguez, N. (2024, 4 abril). Que es el diagrama de Ishikawa, para que; sirve. Hubstop.

Recuperado el 6 de Julio 2024 de <https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa>

Anexo A

Participación en la capacitación para la limpieza de las tolvas

El recibidor de materia prima como su nombre lo indica es por donde llega la materia prima en forma de pellets necesaria para las piezas de plástico. Los pellets que recibe pueden ser de diferente material y de diferente color dependiendo de la pieza que se vaya a inyectar, del molde y de los requerimientos del cliente. Dentro del recibidor los pellets que están dentro se mezclan unos con otros.

Durante el proceso de inyección se encontró una falla que trajo como consecuencia reclamaciones de parte del cliente. El cliente explica que sus piezas tienen pequeñas manchas o líneas de diferente color.

Haciendo un análisis y buscando el origen del problema se encontró que en el fondo del recibidor de materia prima había pellets de diferente material y color. Los operadores son los encargados de llevar a cabo la correcta limpieza de estos equipos y asegurar que el recibidor se encuentre completamente vacío antes de hacer un cambio de material o color. Sin embargo, no todos contaban con los conocimientos suficientes para llevar a cabo su labor de forma adecuada. Por lo que cuando los operadores hicieron el cambio de material no dejaron completamente limpio el recibidor de materia prima y a la hora de introducir nuevos pellets de diferente material y color, estos se combinaron con los pellets anteriores, causando así que las piezas salgan con partes de diferente color. Igualmente, el problema pasó desapercibido porque los operadores pensaron que el recibidor estaba completamente limpio y no pensaron que este problema podría ocurrir.

Dado el problema se ve la necesidad de capacitar al personal nuevamente para que estén conscientes de la importancia que tiene la labor de limpiar el recibidor de materia prima. Para ello se imprimieron las instrucciones paso a paso para llevar a cabo la limpieza de los recibidores de

materia prima de forma correcta al igual que se explicaron cuáles son las diferentes partes de este equipo.

En la figura A1 se muestran las diferentes partes que componen al recibidor de materia prima.

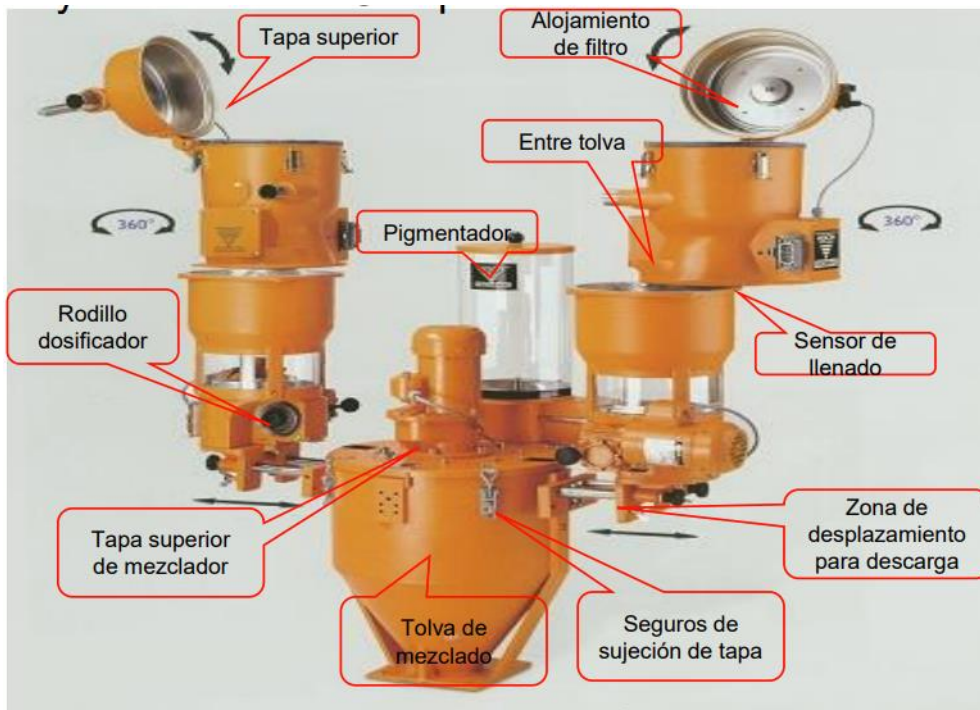


Figura 21. Partes del recibidor de materia prima

En la imagen A2 de a continuación se muestran las partes importantes donde el operador de prestar mayor atención a la hora de realizar la limpieza. Mientras que en la imagen A3 se señala el material y equipo necesario para realizar la limpieza del equipo



Figura 22. Partes a inspeccionar para de la tolva



Figura 23. Partes a inspeccionar para de la tolva

Una vez finalizada la capacitación se pide a los operadores que firmen de enterados sobre las instrucciones que deben seguir para la limpieza del equipo.

Gracias a esta capacitación se pueden evitar reclamaciones del cliente, fabricar piezas defectuosas y evitar duplicar el trabajo para la empresa.