



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE BOTELLAS PET E INYECCIÓN DE POLIPROPILENO, LIMA 2024”

**Trabajo de suficiencia profesional para optar al título
profesional de:**

Ingeniero Industrial

Autor:

Jau Joao Belizario Calvera Poemape

Asesor:


Mg. Fritz Franz Duran Simon

<https://orcid.org/0000-0002-0772-797X>

Lima - Perú

2025

Informe de Similitud

 Página 2 of 64 - Descripción general de integridad Identificador de la entrega trn:oid::1:3278293301




19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía

Fuentes principales

- 16%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 12%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

A Giuliana, a Massimo Emiliano, y a Dalma quienes me inspiran cada día a ser mejor. A mis padres y hermana, por enseñarme a nunca rendirme. Este logro es por y para ustedes.

Agradecimiento

Gracias a todas las personas que me acompañaron en este camino. A mi familia, por su amor y paciencia. A Tapas Cero Residuos S.A.C., por confiar en mí y permitirme aplicar lo aprendido en un proyecto real que me hizo crecer.

Finalmente, agradezco a mi asesor, Mg. Fritz Franz Durán Simón, por su orientación y comentarios que ayudaron a enriquecer este trabajo.

Tabla de contenido

Índice de tablas	6
Índice de Figuras.....	7
RESUMEN EJECUTIVO.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	13
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	25
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	41
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS	51

Índice de tablas

Tabla 1: Distribución estimada del tiempo de paradas por causas.....	29
Tabla 2: Matriz de Criticidad.....	33
Tabla 3: Cronograma Específico: Mantenimiento Programado.....	34
Tabla 4: Cronograma Especifico: Inspecciones Técnicas de Equipos.....	34
Tabla 5: Cronograma Anual: Capacitaciones Técnicas.....	36
Tabla 6: Cronograma Especifico: Capacitaciones Técnicas.....	37
Tabla 7: Indicadores de Gestión de Mantenimiento.....	39
Tabla 8: Tiempo de Paradas de las Maquinas Sopladoras.....	41
Tabla 9: Variación de los costos operativos.....	42
Tabla 10: KPI de Mantenimiento.....	43
Tabla 11: Análisis de Fallas.....	45

Índice de Figuras

Figura 1: Organigrama de la empresa Tapas Cero Residuos S.A.C.....	11
Figura 2: Diagrama de Ishikawa.....	28
Figura 3: Diagrama de Pareto-Causas de paradas.....	30
Figura 4: Cronograma de Mantenimiento Mensual -Octubre 2023.....	35
Figura 5: Cronograma de Mantenimiento Anual 2023-2024.....	35
Figura 6: Duración de las capacitaciones técnicas programadas.....	36
Figura 7: Capacitación de Operación y mantenimiento de Sopladora.....	38
Figura 8: Evolución del Cumplimiento del Plan de Mantenimiento.....	39
Figura 9: Tiempo de Paradas de las Máquinas Sopladoras.....	42
Figura 10: Comparación costos operativos.....	43
Figura 11: Comparación de kpi de mantenimiento.....	44
Figura 12: Comparación de kpi de mantenimiento.....	45

RESUMEN EJECUTIVO

Mi experiencia profesional tuvo lugar en Tapas Cero Residuos S.A.C., una empresa peruana ubicada en Villa El Salvador y dedicada a la fabricación de botellas PET y tapas plásticas. Al llegar, uno de los principales retos fue enfrentar los constantes paros no planificados de equipos, que afectaban seriamente la producción y generaban altos costos mensuales. Junto con el equipo, propusimos implementar un plan de mantenimiento preventivo como solución, usando herramientas como análisis de criticidad, diagramas de causa-efecto, Pareto, TPM e indicadores clave de desempeño.

Este trabajo no solo fue técnico, también implicó organizar cronogramas, capacitar al personal, estandarizar procesos y crear una cultura preventiva. Gracias al compromiso del equipo y al seguimiento constante, logramos reducir las horas de parada en más del 40 %, bajar los costos operativos casi a la mitad y aumentar la disponibilidad técnica de los equipos por encima del 90 %.

Este proyecto me permitió aplicar conocimientos de ingeniería industrial en un entorno real, además de fortalecer habilidades como el liderazgo, la comunicación con equipos diversos, la toma de decisiones con base en datos y, sobre todo, entender que detrás de cada máquina hay personas comprometidas que hacen posible el cambio.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Contextualización de experiencia profesional

Este trabajo se basa en la experiencia adquirida por mi persona como bachiller en ingeniería industrial en el área de proyectos y mantenimiento, en la empresa Tapas Cero Residuos S.A.C., ubicada en el distrito de Villa El Salvador, Lima, Peru. Durante Setiembre del 2023 hasta abril 2024. Durante mi estancia, observé que uno de los principales problemas era la falta de un plan de mantenimiento organizado. Esto generaba paradas inesperadas de equipos, retrasos en la producción y una muy baja eficiencia operativa.

A partir de la situación en la que me encontraba, en coordinación con la gerencia de operaciones decidí aplicar mis conocimientos de mi formación profesional para proponer una mejora concreta: La implementación de un plan de mantenimiento. Esto implicó analizar los equipos críticos, levantar información técnica, coordinar con operadores, supervisores, y elaborar un cronograma de mantenimiento preventivo. Además de lo técnico, esta experiencia también me permitió desarrollar habilidades importantes como el liderazgo, la comunicación con distintos niveles del personal y capacidad para tomar decisiones bajo presión.

Reseña de la empresa

Tapas Cero Residuos S.A.C. es una empresa peruana fundada en el año 2015. Está dedicada a la fabricación de tapas plásticas mediante el proceso de inyección de polietileno, así como a la producción de botellas PET. Su planta se encuentra en Villa El Salvador, una zona estratégica por su cercanía a los principales centros logísticos de Lima.

La empresa cuenta con un equipo de aproximadamente 80 colaboradores y con

maquinaria especializada en procesos de inyección, soplado y embalaje. Tiene como objetivo principal ofrecer soluciones de envasado sostenibles y eficientes, dirigidas a sectores como alimentos, bebidas, productos de limpieza y cuidado personal.

Desde sus inicios, Tapas Cero Residuos se ha enfocado en reducir su impacto ambiental, implementando prácticas orientadas a la economía circular y al uso responsable de recursos. Su nombre refleja ese compromiso con el reciclaje y la gestión responsable de residuos plásticos.

Misión

Brindar soluciones de envasado responsables con el medio ambiente, a través de la fabricación de tapas y botellas plásticas de alta calidad, generando valor para nuestros clientes y contribuyendo al desarrollo sostenible.

Visión

Ser una empresa líder en soluciones de envasado sostenible en el Perú, reconocida por su innovación, eficiencia operativa y compromiso ambiental.

Valores

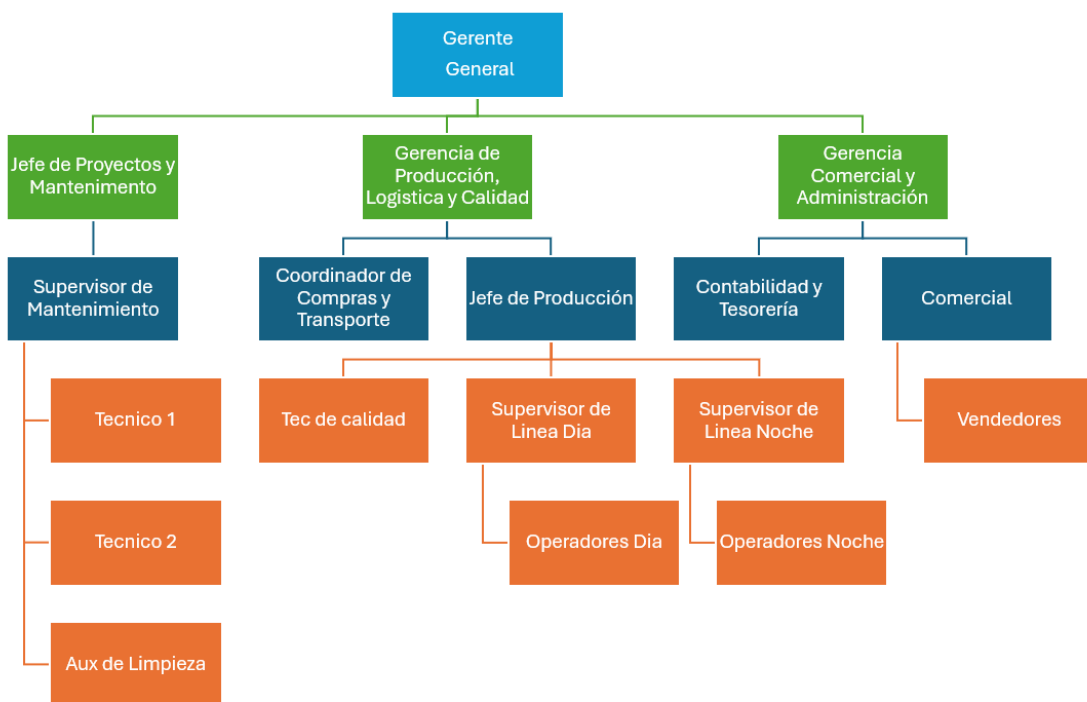
- **Compromiso ambiental:** Diseñamos y fabricamos productos con conciencia ecológica.
- **Calidad:** Buscamos siempre superar los estándares del mercado.
- **Innovación:** Nos adaptamos y evolucionamos con nuevas tecnologías y procesos.
- **Trabajo en equipo:** Fomentamos la colaboración entre todas las áreas.
- **Responsabilidad:** Cumplimos nuestros compromisos con ética y transparencia.

Organigrama

La estructura organizativa de Tapas Cero Residuos S.A.C. es de tipo funcional, con una Gerencia General a cargo de la supervisión directa de las áreas de Producción, Logística y Calidad, Proyectos y Mantenimiento, Comercial y Administración. Cada área cuenta con jefaturas o supervisores que reportan jerárquicamente a la gerencia. El área de Proyectos y Mantenimiento, en la cual trabajé, es un área estratégica encargada del aseguramiento de la operatividad de los equipos de producción, implementación de mejoras técnicas y gestión de nuevos requerimientos de infraestructura.

Figura 1

Organigrama de la empresa Tapas Cero Residuos S.A.C.



Nota: La figura representa el organigrama de la empresa

Cliente

La empresa se reserva su derecho de divulgar a los nombres de clientes, sin embargo, se puede decir que los principales clientes se encuentran en los mercados mayoristas de las principales ciudades del país.

Proveedores

La empresa trabaja con proveedores nacionales e internacionales. Principalmente se adquiere resinas plásticas (PET y PE), así como materiales para dar color, moldes piezas de repuestos, etc. La elección de proveedores está basada en criterios como precio, calidad, garantía y tiempos de entrega.

Producto

La empresa ofrece: Botellas PET con resina virgen 100% y resina reciclada, en presentaciones desde 280 ml hasta 1100 ml, así también tapas roscas de 28mm con 4gr de peso en distintos colores. Así mismo, se brinda asesoría en el diseño y desarrollo de moldes para envases especiales, adaptándose a los requerimientos técnicos y comerciales de cada cliente.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Describir el conocimiento práctico en el cual se enmarca el trabajo realizado en sus años de experiencia laboral. Analizar y sustentar las bases teóricas que respaldan la aplicación práctica ya sean teóricas conceptuales, así como reglamentarias, normativas u otros aspectos propios de la carrera profesional.

También se debe mencionar las limitaciones que se presentaron para el desarrollo del proyecto o problema laboral ejecutado.

Antecedentes Internacionales

González y Rojas (2021, Colombia) desarrollaron una investigación sobre la aplicación del mantenimiento preventivo en equipos de perforación utilizados en minería. Su estudio evidenció que la programación de actividades preventivas logró disminuir las paradas no planificadas en un 35%, incrementando la disponibilidad operativa del 78% al 91%. Los autores destacan la importancia de establecer frecuencias de mantenimiento basadas en análisis de confiabilidad.

Soto y Hernández (2020, México) evaluaron el impacto de la gestión del mantenimiento preventivo en maquinaria agrícola en una muestra de 45 equipos durante 18 meses. Los resultados indicaron una disminución significativa del 42% en los costos por fallas inesperadas y una mejor planificación del uso de recursos técnicos, logrando una reducción del 28% en el tiempo promedio de reparación.

Chang et al. (2022, China) estudiaron el efecto del mantenimiento preventivo en una empresa de alquiler de maquinaria para construcción con una flota de 120 equipos. Encontraron una reducción considerable del 45% en el desgaste prematuro de componentes críticos y una mayor eficiencia operativa del 33% gracias al seguimiento de

un cronograma técnico estructurado. Su modelo de predicción de fallas mostró una precisión del 87%.

Martínez y Vega (2021, España) analizaron el impacto del mantenimiento preventivo en flotas de transporte pesado mediante un estudio longitudinal de 24 meses. El estudio demostró que la implementación de planes preventivos contribuyó a la reducción del 30% de los costos correctivos, del 25% en el consumo de combustible y mejoró el control sobre los repuestos utilizados, optimizando el inventario en un 40%.

Hernández y Muñoz (2019, Chile) investigaron una empresa de alquiler de maquinaria para obras civiles durante un período de 36 meses. Concluyeron que la falta de mantenimiento preventivo provocaba incrementos del 65% en los tiempos muertos y del 55% en los costos de reparación, mientras que su aplicación redujo incidentes operacionales en un 40% y mejoró la disponibilidad de equipos del 72% al 89%.

López y García (2021, Ecuador) enfocaron su análisis en maquinaria pesada empleada en proyectos viales, utilizando una metodología de análisis de modo y efecto de fallas (AMEF). Determinaron que el mantenimiento planificado mejoró la confiabilidad del equipo en un 38% y permitió un ahorro del 15% en combustible y 32% en repuestos, con un retorno de inversión de 2.8:1.

Pinto y Morales (2020, Brasil) presentaron un estudio en una empresa constructora que alquilaba equipos, implementando un sistema de mantenimiento basado en condición. Hallaron que el mantenimiento preventivo redujo considerablemente la rotación de equipos debido a fallas técnicas en un 47% y mejoró los tiempos de respuesta ante requerimientos operativos de 4.2 a 2.1 horas promedio.

Torres y Navarro (2023, Argentina) evaluaron una empresa de alquiler de retroexcavadoras y cargadores frontales mediante la implementación de IoT y análisis predictivo. Demostraron que el uso de herramientas de monitoreo preventivo como el

análisis de aceite y la programación de inspecciones periódicas permitió disminuir el costo total de operación en un 28% y extender la vida útil de componentes críticos en un 22%.

Antecedentes Nacionales

Valdivia et al. (2020, Perú) investigaron una empresa de transporte pesado en Lima mediante un diseño cuasi-experimental con 50 unidades durante 12 meses. Concluyeron que la aplicación de un programa de mantenimiento preventivo mejoró la eficiencia operativa en un 25%, reduciendo tiempos de parada de 18.5 a 13.8 horas mensuales por unidad y disminuyendo los costos de mantenimiento correctivo en un 38%.

Rojas y Pérez (2021, Perú) realizaron un estudio en una mina en Cajamarca aplicando metodología RCM (Reliability Centered Maintenance) en 35 equipos críticos. Determinaron que la introducción de rutinas de mantenimiento preventivo logró disminuir los incidentes mecánicos en un 52% y mejoró el rendimiento general del equipo, incrementando la disponibilidad del 73% al 88%.

Fernández (2019, Perú) analizó una empresa de alquiler de maquinaria pesada en Lima implementando un sistema de gestión de mantenimiento asistido por computadora (CMMS). El estudio evidenció que, al implementar mantenimiento preventivo, se redujeron los costos correctivos en un 40%, se mejoró la planificación de recursos en un 35% y se incrementó la satisfacción del cliente del 76% al 91%.

Carranza y Vargas (2021, Perú) estudiaron el mantenimiento en una empresa de alquiler de compactadoras mediante análisis de criticidad ABC. Identificaron que las paradas no programadas disminuyeron significativamente en un 43% tras introducir revisiones semanales planificadas y un sistema de alertas tempranas basado en horas de operación.

Chávez (2022, Perú) evaluó una empresa de movimiento de tierras en Arequipa utilizando indicadores de gestión de mantenimiento. Demostró que la ausencia de políticas preventivas generaba pérdidas económicas de S/. 285,000 anuales. Con un plan de mantenimiento estructurado, lograron controlar y reducir dichos costos en un 47%, con una inversión inicial de S/. 85,000.

Linares y Salcedo (2020, Perú) llevaron a cabo un estudio en maquinaria alquilada para obras públicas aplicando análisis de Weibull para determinar intervalos óptimos de mantenimiento. Confirmaron que un cronograma de mantenimiento bien definido permitió elevar la vida útil de los equipos en un 18% y reducir las compras de repuestos en un 29%, optimizando el presupuesto de mantenimiento.

Gamarra y Oré (2023, Perú) analizaron la implementación de mantenimiento en una empresa de maquinaria pesada para minería subterránea mediante balanced scorecard. Identificaron que el uso de indicadores de desempeño (OEE, MTBF, MTTR) ayudó a mejorar la planificación en un 31% y reducir costos de forma progresiva, alcanzando ahorros acumulados de S/. 420,000 en 18 meses.

Quispe y Aguilar (2019, Perú) aplicaron un plan de mantenimiento basado en TPM (Total Productive Maintenance) en una empresa de alquiler de excavadoras. El trabajo concluyó que el mantenimiento preventivo es clave para mantener el nivel de servicio, logrando reducir los riesgos de falla en campo en un 39% y mejorar la percepción de calidad del servicio del 74% al 89%.

Bases teóricas

El mantenimiento ha evolucionado desde un enfoque puramente correctivo hasta estrategias predictivas y basadas en condición. Según Duffuaa et al. (2015), el mantenimiento preventivo se define como "un enfoque estructurado que busca anticiparse

a las fallas mediante inspecciones, ajustes y reemplazos programados, basado en criterios de tiempo, uso o condición". Esta definición establece tres modalidades principales: mantenimiento basado en tiempo fijo, basado en uso (horas de operación, ciclos) y basado en condición (parámetros monitoreados).

Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo se define como un conjunto de acciones planificadas que buscan conservar el estado óptimo de funcionamiento de los equipos, anticipándose a las fallas mediante inspecciones periódicas, ajustes o reemplazos antes de que ocurran averías críticas. Estas intervenciones se programan en función del tiempo de operación, número de ciclos o condiciones específicas de uso del activo (Duffuaa, Raouf & Campbell, 2015).

Esta estrategia permite a las organizaciones reducir la ocurrencia de fallas imprevistas, garantizar la continuidad operativa y extender la vida útil de sus activos. Nakajima (1988) sostiene que el enfoque preventivo contribuye no solo a evitar interrupciones en la producción, sino también a mejorar la seguridad industrial y reducir el desperdicio. Además, favorece una mayor previsibilidad en la gestión de recursos y facilita el seguimiento del estado técnico de los equipos mediante el uso de registros históricos.

En la actualidad, muchas empresas complementan esta estrategia con herramientas digitales como los sistemas informatizados de gestión del mantenimiento (CMMS), que permiten programar actividades, gestionar repuestos y analizar indicadores clave de desempeño (Chang, Li & Zhou, 2022). Esto convierte al mantenimiento preventivo en una base esencial para una gestión eficiente de activos.

Costos Operativos

Los costos operativos comprenden todos los gastos en los que incurre una organización para llevar adelante sus procesos productivos o servicios, y abarcan tanto egresos fijos (como alquileres y depreciaciones) como variables (por ejemplo, consumo de materiales, energía o mano de obra directa) (Yaoa et al., 2021).

En el ámbito industrial, una parte significativa de estos costos está relacionada con el mantenimiento de equipos, sobre todo cuando se depende del enfoque correctivo. Las fallas no programadas no solo generan altos costos de reparación, sino que además provocan pérdidas por interrupción de actividades, menor productividad y hasta incumplimientos contractuales. Por ello, resulta esencial contar con una estrategia que permita gestionar estos costos de forma más controlada y eficiente (Hernández & Muñoz, 2019).

Distintas investigaciones han demostrado que el mantenimiento preventivo impacta positivamente en la reducción de los costos operativos, generando ahorros que pueden alcanzar entre el 20 % y 40 % en ciertos sectores. Estos beneficios se deben a una menor frecuencia de paradas, mejor utilización del personal técnico y reducción en el uso de repuestos de emergencia (Gamarrá & Oré, 2023; Fernández, 2019). Además, mantener una alta disponibilidad de equipos contribuye a una mayor eficiencia energética y a un mejor aprovechamiento del ciclo de vida de los activos (ISO 55000, 2014).

Teoría de confiabilidad Operativa

La confiabilidad, definida por Ebeling (2019) como "la probabilidad de que un sistema o componente funcione satisfactoriamente durante un período específico bajo condiciones establecidas", constituye el fundamento matemático del mantenimiento

preventivo. La función de confiabilidad $R(t)$ se expresa mediante la distribución exponencial:

$$R(t) = e^{(-\lambda t)}$$

Donde λ es la tasa de fallas y t el tiempo de operación.

Esta teoría permite determinar intervalos óptimos de mantenimiento y predecir el comportamiento de fallas.

Mantenimiento Total Productivo (TPM)

El Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés) es una metodología integral que busca maximizar la eficiencia del sistema productivo mediante la participación activa de todo el personal en el cuidado de los equipos. Esta filosofía, originada en Japón e impulsada por Seiichi Nakajima en la década de 1970, se diferencia de otros enfoques porque promueve que no solo el personal de mantenimiento, sino también los operadores de producción, asuman un rol clave en la gestión de los activos (Nakajima, 1988).

TPM se basa en ocho pilares fundamentales que abordan desde la mejora enfocada, el mantenimiento autónomo y la prevención de fallas, hasta la seguridad, la formación del personal y la expansión del modelo a las áreas administrativas. Sus ocho pilares fundamentales incluyen:

- Mejora enfocada: Eliminación sistemática de pérdidas
- Mantenimiento autónomo: Participación del operario en el cuidado básico
- Mantenimiento preventivo: Actividades planificadas para prevenir fallas
- Mantenimiento de calidad: Aseguramiento de la calidad desde el mantenimiento
- Prevención del mantenimiento: Diseñar equipos de fácil mantenimiento

- Capacitación y entrenamiento: Desarrollo de competencias técnicas
- Seguridad y medio ambiente: Cero accidentes y cero contaminación
- TPM en oficinas: Extensión de la filosofía a áreas administrativas

Esta estrategia busca la eliminación de las “seis grandes pérdidas” en planta: fallas de equipos, tiempos de preparación, paradas menores, reducción de velocidad, defectos en el proceso y productos rechazados en el arranque. Para evaluar su impacto, el TPM emplea indicadores como el OEE (Overall Equipment Effectiveness), que mide la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de los equipos. Un aumento sostenido del OEE es un claro reflejo de que las acciones de mantenimiento están alineadas con los objetivos operativos de la empresa (Duffuaa et al., 2015).

Implementar TPM no solo mejora la confiabilidad de los activos, sino que también transforma la cultura organizacional. Las empresas que adoptan esta filosofía reportan beneficios como mayor involucramiento del personal, reducción de tiempos muertos, mejora en la calidad del producto y optimización del uso de recursos (Gamarra & Oré, 2023). Además, al fomentar una actitud preventiva y colaborativa, TPM fortalece la comunicación entre áreas y promueve la mejora continua como parte del día a día.

En el caso de las pequeñas y medianas empresas, la adaptación del TPM puede representar un cambio progresivo pero muy valioso, ya que permite sistematizar el conocimiento técnico, reducir la dependencia de intervenciones correctivas y construir una base sólida para escalar hacia prácticas de mantenimiento predictivo y digital en el futuro.

Ciclo de vida del activo

La norma ISO 55000:2014 define la gestión de activos como "actividades coordinadas de una organización para obtener valor de los activos". El ciclo de vida

comprende cinco etapas:

- Planificación: Identificación de necesidades y especificaciones
- Adquisición: Selección, compra e instalación
- Operación: Uso productivo del activo
- Mantenimiento: Conservación de funcionalidad y rendimiento
- Disposición: Retiro y disposición final

Cada etapa implica costos específicos, siendo el mantenimiento responsable del 60-70% del costo total de vida según estudios de Campbell y Jardine (2001).

Análisis de criticidad

La matriz de criticidad, propuesta por Amendola (2020), evalúa activos mediante dos dimensiones principales:

- Frecuencia de fallas: Basada en datos históricos o estimaciones probabilísticas
- Consecuencias de fallas: Impacto en seguridad, ambiente, producción y costos

La criticidad se calcula mediante:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia} \times \text{Factor de importancia}$$

Esta metodología permite priorizar esfuerzos de mantenimiento en activos que mayor impacto generan en la organización.

Indicadores de gestión del mantenimiento

Los KPIs (Key Performance Indicators) del mantenimiento, estandarizados por la norma EN 15341:2019, incluyen:

- Disponibilidad (A): $A = (\text{MTBF}) / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) \times 100\%$

Donde:

MTBF (Mean Time Between Failures): Tiempo promedio entre fallas

MTTR (Mean Time To Repair): Tiempo promedio de reparación

- Confiabilidad (R): Probabilidad de funcionamiento sin fallas durante un período específico.
- Mantenibilidad (M): Facilidad y rapidez para realizar actividades de mantenimiento.
- Efectividad Global del Equipo (OEE): $OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad \times 100\%$
- Indicadores de gestión económica
- Costo de mantenimiento por unidad producida: $CM/UP = \text{Costo total de mantenimiento} / \text{Unidades producidas}$
- Ratio de costos preventivo/correctivo: Indica el balance entre mantenimiento planificado y no planificado.
- Valor presente neto del mantenimiento: Evalúa la rentabilidad de inversiones en mantenimiento a largo plazo.

Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

El AMEF, según la norma IEC 60812:2018, es una metodología sistemática para:

- Identificar modos de falla potenciales
- Evaluar efectos y consecuencias
- Determinar causas y probabilidades
- Priorizar acciones correctivas

El Número de Prioridad de Riesgo (RPN) se calcula:

$$\text{RPN} = \text{Severidad} \times \text{Ocurrencia} \times \text{Detección}$$

Análisis de causa raíz (RCA)

Metodología estructurada para identificar causas fundamentales de fallas, utilizando herramientas como:

- Diagrama de Ishikawa (espina de pescado)
- Árbol de fallas (FTA)
- Técnica de los 5 porqués
- Análisis de barrera

Mantenimiento basado en riesgo (RBM)

Integra análisis de probabilidades de falla con evaluación de consecuencias, permitiendo optimizar recursos mediante la fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad de falla} \times \text{Consecuencia de falla}$$

Mantenimiento predictivo 4.0

La cuarta revolución industrial ha introducido tecnologías disruptivas:

- Internet de las Cosas (IoT): Sensores conectados que monitorean parámetros en tiempo real (vibración, temperatura, corriente, etc.).
- Inteligencia Artificial (AI): Algoritmos de machine learning para predecir fallas y optimizar intervenciones.
- Gemelos digitales: Réplicas virtuales de activos físicos para simulación y predicción.
- Realidad aumentada: Asistencia visual para técnicos durante intervenciones de mantenimiento.

Variables:

Variable Independiente: Implementación del plan de mantenimiento preventivo

- Planificación del mantenimiento
- Frecuencia de revisiones
- Recursos técnicos asignados
- Uso de historial de fallas
- Capacitación del personal técnico.

Variable Dependiente: Reducción de costos operativos

- Disminución del gasto en repuestos,
- Reducción de horas-hombre improductivas
- Menor frecuencia de fallas

Limitaciones

La revisión bibliográfica reveló escasez de estudios específicos sobre mantenimiento preventivo en empresas peruanas de fabricación de envases plásticos, limitando la comparabilidad de resultados con casos similares del contexto nacional.

Los antecedentes internacionales provienen principalmente de industrias con mayor nivel de automatización y recursos tecnológicos, lo que puede limitar la aplicabilidad directa de sus conclusiones en el contexto de PYMES peruanas.

La mayoría de los estudios revisados abarcan períodos de implementación de 12-24 meses, lo que puede no reflejar efectos de largo plazo del mantenimiento preventivo en variables como vida útil de equipos y rentabilidad del capital invertido.

Las bases teóricas sobre mantenimiento predictivo y tecnologías 4.0 presentan alta aplicabilidad conceptual pero limitada viabilidad práctica en el contexto estudiado.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

Mi aventura profesional en Tapas Residuos Cero, una empresa que vive su compromiso con el medio ambiente fabricando botellas PET e inyectando polietileno de forma responsable, comenzó en septiembre de 2023. No fue un camino fácil, pero sí uno que recuerdo con claridad y entusiasmo. El proceso de selección fue intenso: una entrevista técnica que realmente exigió todo mi conocimiento, una evaluación psicotécnica para conocerme un poco más allá del currículum, y un reto práctico que disfruté mucho: proponer una solución de mantenimiento para sus equipos de inyección.

La posición que se me ofreció fue la de Jefe de Proyectos y Mantenimiento, un rol que me emocionó desde el primer momento. Sabía que implicaba un gran desafío, pero también vi en él la oportunidad de dejar huella.

Todo comenzó con una llamada de Claudia Cano, quien lideraba el área de Recursos Humanos. Su tono cercano y profesional me dio una muy buena impresión. Poco después, tuve una conversación clave con el Gerente de Planta, el Sr. Julio Pavletich. Fue directo y honesto al transmitirme la situación: el sistema de mantenimiento necesitaba un cambio urgente. Las fallas se repetían, los costos por paradas no planificadas se acumulaban, y la disponibilidad de los equipos era baja. Había que replantearlo todo.

En ese momento, supe que este no era solo un proyecto técnico; era una oportunidad real para mejorar algo que afectaba directamente a la operación y a las personas que trabajan allí. Sentí que podía aportar algo valioso, y eso me motivó profundamente.

No estuve solo en esta misión. Tuve la suerte de contar con personas clave, cuyo compromiso y experiencia hicieron posible que el proyecto avanzara con éxito:

- Michel Gamboa – Supervisor de Mantenimiento, fue mi principal aliado en campo. Desde el primer día, me abrió las puertas al área técnica: me compartió los archivos históricos de fallas, los cronogramas que venían utilizando y, lo más valioso, me acompañó a recorrer la planta. Gracias a él, entendí de cerca cómo funcionaba cada parte del sistema y dónde estaban los puntos críticos. Su conocimiento fue una brújula constante.
- Los técnicos de mantenimiento fueron piezas fundamentales. Son ellos quienes conviven todos los días con las máquinas, y esa experiencia directa les da una sabiduría única. Gracias a su apertura, pude acceder a información crucial sobre las fallas más frecuentes y las verdaderas condiciones en las que se trabaja en planta.
- El equipo de Producción fue también un gran aliado. Con ellos entendimos el impacto real de las paradas en los objetivos diarios. Sus datos y perspectiva nos ayudaron a ver el problema desde un enfoque más amplio y a diseñar soluciones que beneficiaran a toda la operación.

Mis funciones y el desarrollo del proyecto:

Desde mi posición como jefe de proyecto, asumí múltiples responsabilidades para darle forma y rumbo a esta iniciativa:

Empecé con un diagnóstico completo del sistema de mantenimiento. Quería entender con claridad qué funcionaba bien y qué necesitaba cambiarse. Fue como tomarle una radiografía a la operación.

Recopilé toda la información técnica de los equipos principales y auxiliares, armando pieza por pieza el mapa de activos de la planta.

Hice un análisis de criticidad, identificando cuáles eran los equipos más sensibles

para la operación, aquellos que simplemente no podían fallar.

Con esa base, diseñé un plan de mantenimiento preventivo y predictivo, adaptado a las necesidades reales de la planta. No se trataba solo de reaccionar a los problemas, sino de anticiparnos a ellos.

Establecí indicadores clave de gestión (KPIs): tiempo medio entre fallas (MTBF), tiempo medio de reparación (MTTR), disponibilidad de equipos y cumplimiento del plan. Estos números nos servirían como termómetro para medir el impacto real de nuestras acciones.

Una parte fundamental fue la capacitación al equipo técnico. Quería que los nuevos procedimientos no fueran vistos como una carga, sino como una herramienta que les daría mayor control y claridad sobre su trabajo.

También implementé herramientas visuales y checklists estandarizados, para facilitar el seguimiento diario y que todo el equipo pudiera trabajar con mayor eficiencia y orden.

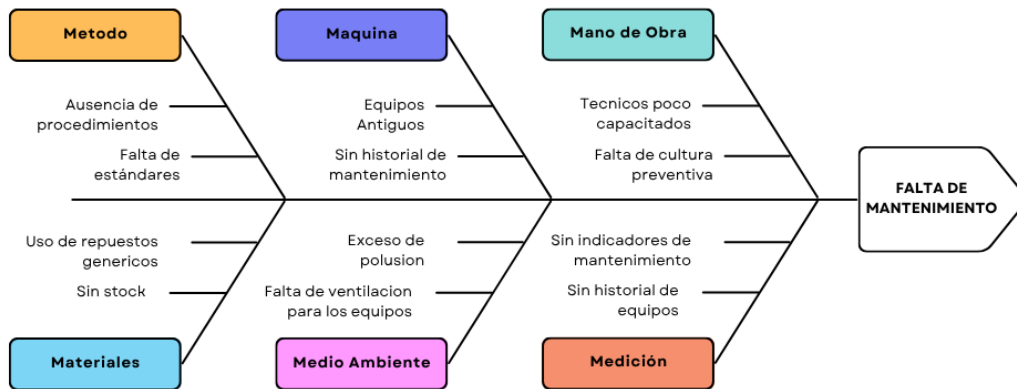
Finalmente, puse énfasis en monitorear el impacto real del plan. Medíamos cada avance, analizábamos cada desviación y hacíamos ajustes necesarios. El objetivo siempre fue claro: lograr un sistema de mantenimiento más eficiente, más predecible y que aportara valor real a la operación.

Descripción del problema

Diagrama de Ishikawa

Figura 2

Diagrama de Ishikawa



Indicadores:

- Disponibilidad promedio: %
- MTBF (tiempo medio entre fallas): horas
- MTTR (tiempo medio de reparación): horas
- Cumplimiento de producción diaria: %
- Paradas no planificadas mensuales:

Diagrama de Pareto

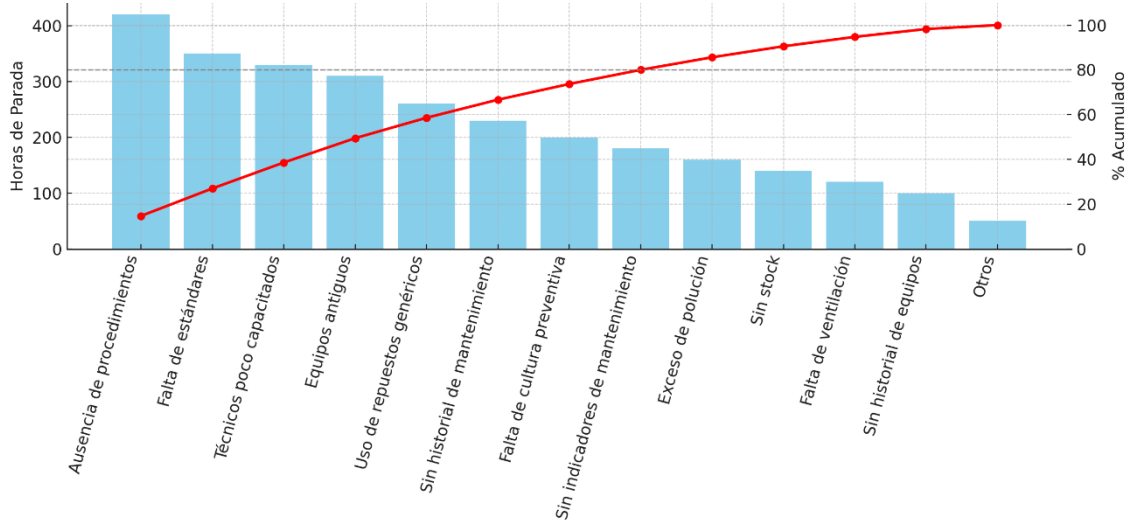
Tabla 1

Distribución estimada del tiempo de paradas por causas

Causa	Categoría	Tiempo estimado (h)	% Acumulado
Ausencia de procedimientos	Método	420	14.8%
Falta de estándares	Método	350	27.1%
Técnicos poco capacitados	Mano de Obra	330	38.7%
Equipos antiguos	Máquina	310	49.6%
Uso de repuestos genéricos	Materiales	260	58.7%
Sin historial de mantenimiento	Máquina	230	66.8%
Falta de cultura preventiva	Mano de Obra	200	73.8%
Sin indicadores de mantenimiento	Medición	180	80.1%
Exceso de polución	Medio Ambiente	160	85.7%
Sin stock	Materiales	140	90.6%
Falta de ventilación	Medio Ambiente	120	94.8%
Sin historial de equipos	Medición	100	98.3%
Otros	—	50	100%

Figura 3

Diagrama de Pareto-Causas de paradas



El diagrama permitió cuantificar y jerarquizar las causas más recurrentes. Como se observa en la Figura 3, las cinco primeras causas explican más del 60 % del tiempo total de inactividad, acumulando alrededor de 1700 horas de las 2844 registradas.

Entre las causas más críticas se encuentran la ausencia de procedimientos definidos (14.8%), la falta de estándares técnicos (12.3%), la escasa capacitación del personal técnico (11.6%), el uso de equipos antiguos (10.9%) y el empleo de repuestos genéricos (9.1%). Este diagnóstico evidencia la necesidad urgente de formalizar procesos, capacitar al personal y optimizar la gestión de repuestos, para mejorar la disponibilidad técnica y reducir costos operativos.

Objetivo General

El propósito central de este proyecto fue diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo que permitiera reducir los costos operativos asociados a las paradas no planificadas y, al mismo tiempo, mejorar la disponibilidad de los equipos críticos de producción en la planta de Tapas Residuos Cero. Este objetivo nació de una necesidad real y urgente identificada por la alta dirección: las constantes fallas en equipos clave no solo retrasaban los procesos, sino que también impactaban directamente en la productividad y rentabilidad de la operación. En ese contexto, el mantenimiento debía dejar de ser una actividad meramente reactiva y convertirse en una herramienta estratégica de mejora continua.

Objetivos Específicos

Para alcanzar el objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos, que guiaron el desarrollo del proyecto en cada una de sus etapas:

Diagnosticar el estado actual de los equipos y las prácticas de mantenimiento existentes, con el fin de tener una comprensión clara de las fortalezas y debilidades del sistema vigente.

Identificar las causas principales de las fallas frecuentes que afectaban el rendimiento de la planta, utilizando herramientas de análisis como el diagrama de Ishikawa y la técnica de Pareto para enfocar los esfuerzos de mejora.

Desarrollar un plan estructurado de mantenimiento preventivo, incluyendo un cronograma detallado, responsables definidos por actividad y frecuencias de intervención adaptadas a la criticidad de cada equipo.

Implementar herramientas de monitoreo y control del mantenimiento, como

formatos estandarizados, listas de chequeo e indicadores clave (KPIs), que permitieran hacer seguimiento constante del plan y tomar decisiones basadas en datos.

Medir el impacto del plan de mantenimiento en los indicadores operativos clave, tales como el tiempo medio entre fallas (MTBF), el tiempo medio para reparar (MTTR), la disponibilidad de equipos y el cumplimiento del plan de mantenimiento.

Diseño y Ejecución del Plan de Mantenimiento:

La implementación del plan de mantenimiento preventivo se estructuró en cuatro fases principales, desarrolladas de forma progresiva para asegurar una transición ordenada desde el diagnóstico hasta la consolidación del sistema.

Fase 01: Planificación

Esta etapa fue fundamental para establecer las bases del proyecto. Comenzó con un proceso exhaustivo de levantamiento de información de todos los equipos involucrados. Se recopilaron fichas técnicas, planos mecánicos y eléctricos, manuales de operación y mantenimiento, así como el historial de fallas y reparaciones previas. Esta información fue organizada y clasificada para facilitar su análisis posterior.

Luego, se procedió a una clasificación de equipos según su criticidad. Para ello, se utilizó una matriz de criticidad que consideraba factores como la frecuencia de fallas, impacto en la producción, complejidad de reparación y disponibilidad de repuestos. De esta forma, los equipos se agruparon en tres niveles: alta, media y baja criticidad, priorizando aquellos que representaban un mayor riesgo operativo.

Tabla 2

Matriz de Criticidad

Criterio	Descripción
Frecuencia de fallas	Promedio mensual de ocurrencias reportadas
Impacto en la producción	Nivel de afectación al flujo de producción
Complejidad de reparación	Nivel técnico y tiempo requerido para reparar
Disponibilidad de repuestos	Facilidad y tiempo de acceso a repuestos críticos

Además, se realizaron reuniones estratégicas con el área de producción y mantenimiento, que permitieron validar necesidades, identificar puntos ciegos del sistema actual y obtener una visión integral del impacto real de las fallas en los procesos diarios.

Fase 2: Desarrollo de herramientas y recursos

Una vez establecido el diagnóstico, se procedió a diseñar el plan de mantenimiento preventivo personalizado por tipo de máquina y nivel de criticidad. Se definieron las tareas específicas a ejecutar, sus frecuencias recomendadas y los responsables de su ejecución, ya sea personal técnico o de producción en modalidad de mantenimiento autónomo.

Para facilitar la ejecución del plan, se elaboraron formatos de inspección, listas de chequeo y rutinas estandarizadas, las cuales fueron diseñadas de manera visual, clara y práctica, fomentando su uso cotidiano.

Tabla 3

Cronograma Especifico: Mantenimiento Programado

Equipo	Fecha Programada	Tipo	Responsable
Sopladora 1	2023-09-10	Mensual	Téc. Juan
Inyectora 2	2023-10-05	Bimestral	Téc. Luis
Compresor 1	2024-01-20	Semestral	Téc. Carlos

Se construyó un cronograma de mantenimiento mensual y anual, alineado con la disponibilidad de recursos y ventanas de parada de producción, con el fin de minimizar el impacto operativo durante las intervenciones.

Tabla 4

Cronograma Especifico: Inspecciones Técnicas de Equipos

Equipo	Periodicidad	Inicio de Inspección	Responsable
Sopladora 1	Semanal	2023-09-01	Téc. Carlos
Inyectora 2	Quincenal	2023-09-10	Téc. Juan
Compresor de aire	Mensual	2023-10-01	Téc. Luis
Transportador	Mensual	2023-10-10	Téc. Luis

Figura 4

Cronograma de Mantenimiento Mensual -Octubre 2023

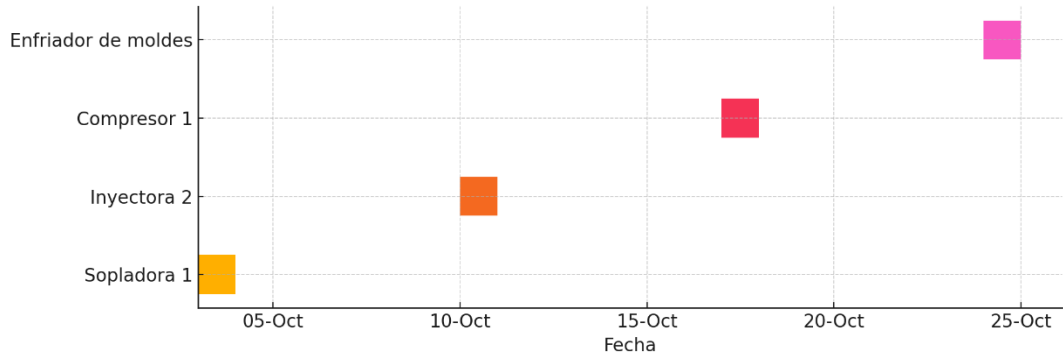
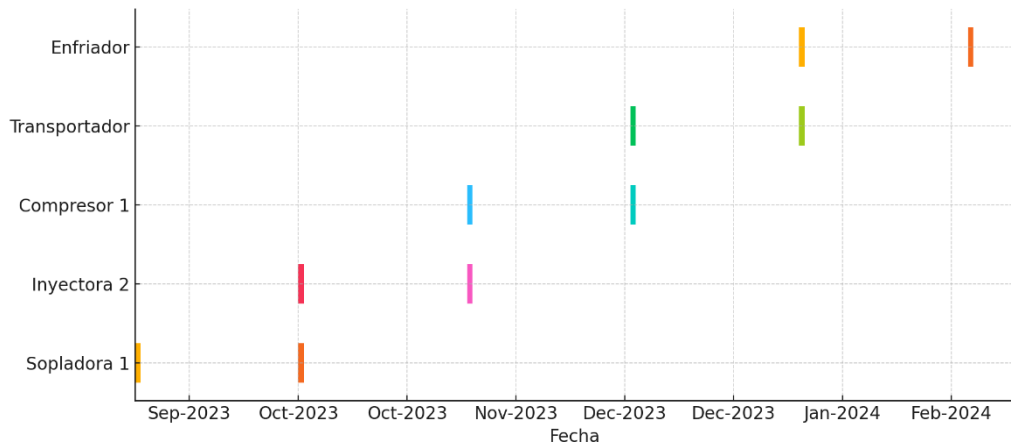


Figura 5

Cronograma de Mantenimiento Anual 2023-2024



Una parte esencial de esta fase fue la capacitación del equipo técnico, con sesiones prácticas y teóricas enfocadas en los nuevos procedimientos, la correcta interpretación de los formatos y la importancia de la prevención como filosofía de trabajo.

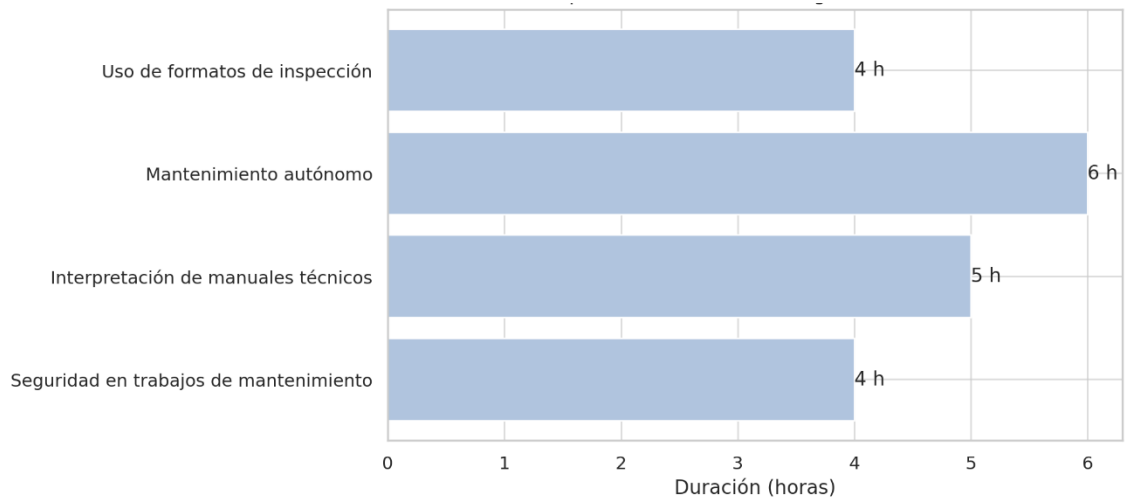
Tabla 5

Cronograma Anual: Capacitaciones Técnicas

Tema	Fecha	Duración	Responsable
Uso de formatos de inspección	2023-10-15	4 horas	Ing. Calvera
Mantenimiento autónomo	2023-10-22	6 horas	Ing. Calvera
Interpretación de manuales técnicos	2023-11-05	5 horas	Ing. Calvera
Seguridad en trabajos de mantenimiento	2023-11-12	4 horas	Ing. Calvera

Figura 6

Duración de las capacitaciones técnicas programadas



Nota: Se priorizaron temas operativos y de seguridad para fortalecer la ejecución técnica del personal

Finalmente, todo el plan fue validado con el Gerente General y las áreas involucradas, asegurando el compromiso organizacional necesario para llevarlo adelante.

Fase 3: Implementación

Con las herramientas listas y el personal capacitado, se inició la implementación progresiva del plan, comenzando por los equipos de alta criticidad. Esta decisión permitió enfocar los esfuerzos en los activos que más afectaban la operación y generar resultados visibles en el corto plazo.

Durante esta fase, se realizó un seguimiento semanal del cumplimiento del plan, mediante revisiones en campo, reuniones técnicas y control del llenado de los registros. A partir de los primeros resultados, se hicieron ajustes en la frecuencia de ciertas tareas, adaptándolas a los comportamientos reales de las máquinas y los hallazgos del equipo técnico.

Tabla 6

Cronograma Especifico: Capacitaciones Técnicas

Fase	Periodo	Equipos involucrados	Frecuencia inicial
Fase I	Nov - Dic 2023	Sopladoras, Compresores	Semanal
Fase II	Ene 2024	Inyectoras, Transportadores	Quincenal
Fase III	Feb - Mar 2024	Enfriadores, periféricos	Mensual

Se realizaron supervisiones semanales para asegurar el cumplimiento del plan.

Se utilizaron las siguientes herramientas:

- Formatos de control firmados por técnicos
- Checklists físicos y digitales
- Reuniones de retroalimentación quincenal con el equipo de mantenimiento

Todas las actividades realizadas fueron registradas de manera sistemática en hojas de control y archivadas en una base de datos que sirvió de soporte para el monitoreo posterior.

Figura 7

Capacitación de Operación y mantenimiento de Sopladora



Fase 4: Monitoreo y Control

La fase final consistió en consolidar la implementación a través de un sistema de monitoreo constante y mejora continua. Para ello, se estableció una revisión mensual de los indicadores de gestión del mantenimiento, que permitía observar la evolución de los equipos, el impacto del plan en los tiempos de parada y reparación, así como el nivel de cumplimiento del cronograma.

Tabla 7

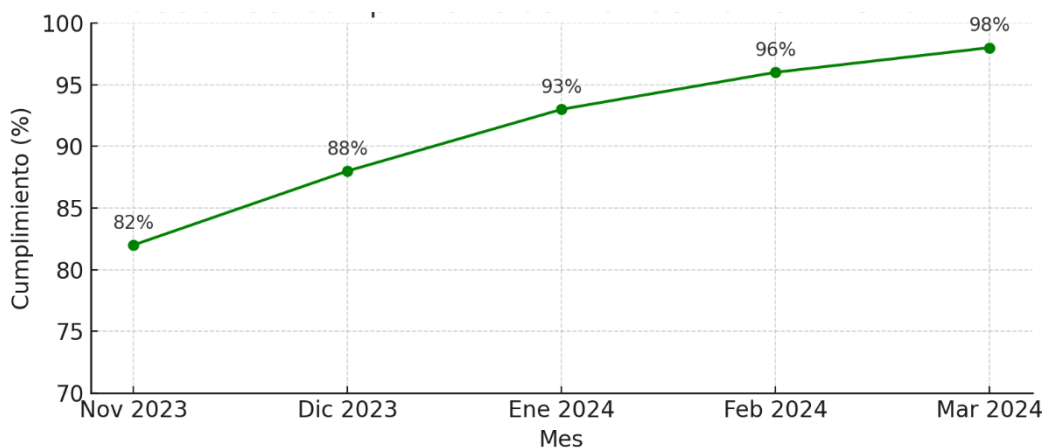
Indicadores de Gestión de Mantenimiento

Indicador	Fórmula	Objetivo
MTRR	Tiempo total de reparación / número de fallas	Disminuir progresivamente
MTBF	Tiempo operativo / número de fallas	Aumentar
Disponibilidad técnica (%)	$(\text{Tiempo útil} / \text{Tiempo total}) \times 100$	Mayor al 90 %
Cumplimiento de plan (%)	$(\text{Tareas ejecutadas} / \text{Tareas programadas}) \times 100$	Mayor al 95 %

Además, se ejecutaron auditorías internas para verificar el uso correcto de los formatos, la ejecución oportuna de las tareas y la adherencia a los nuevos procedimientos.

Figura 8

Evolución del Cumplimiento del Plan de Mantenimiento



Nota. El gráfico muestra el incremento progresivo del cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo

Los resultados obtenidos fueron reportados mensualmente a la gerencia, acompañados de análisis e interpretaciones que facilitaban la toma de decisiones.

También se promovió un espacio de retroalimentación continua con el equipo técnico, buscando siempre su participación activa, escucha de propuestas y mejora del sistema.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se procedió al monitoreo y análisis de los resultados obtenidos en el periodo de evaluación establecido (post implementación). Este capítulo presenta los cambios cuantificables en los indicadores operativos y analiza el impacto de las mejoras realizadas. Los resultados responden directamente a los objetivos del proyecto, demostrando el valor agregado generado por la intervención.

Reducción del Tiempo de Parada

Uno de los principales objetivos fue reducir las horas de parada no programada en los equipos críticos. Se comparó el tiempo total de parada de los tres meses previos a la implementación del plan con el mismo periodo posterior.

Tabla 8

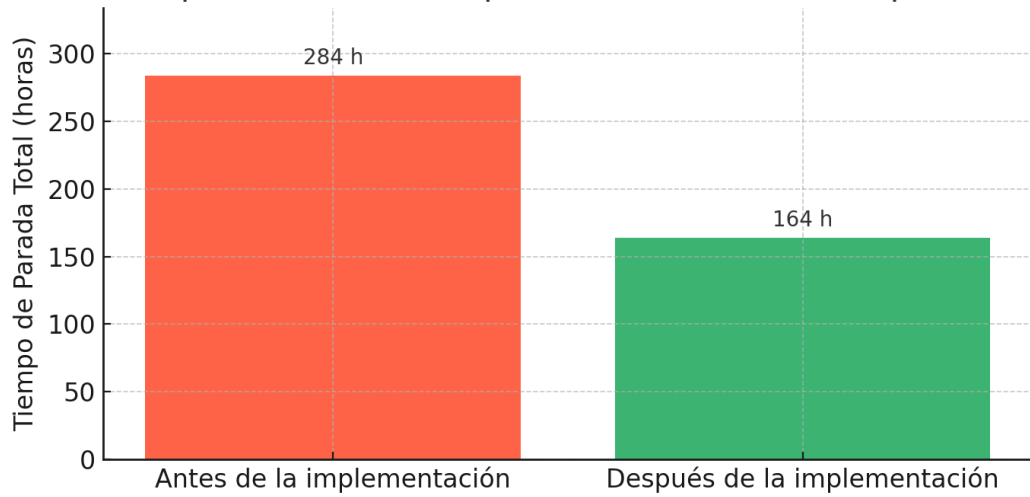
Tiempo de Paradas de las Maquinas Sopladoras

Periodo	Tiempo de Parada Total (horas)	Variación (%)
Antes de la implementación	284	
Después de la implementación	164	-42.25%

Nota. Elaboración propia (2025). Comparación del tiempo de parada antes y después de la implementación del plan.

Figura 9

Tiempo de Paradas de las Máquinas Sopladoras



Reducción de Costos Operativos

La reducción en fallas y paradas inesperadas también se tradujo en una disminución directa en los costos operativos. Antes del proyecto, se estimaba un gasto mensual de S/. 24,000 en reparaciones y pérdidas productivas por paradas. Tras la implementación del plan, ese monto se redujo a S/. 13,500 mensuales, logrando un ahorro promedio del 43.75%.

Tabla 9

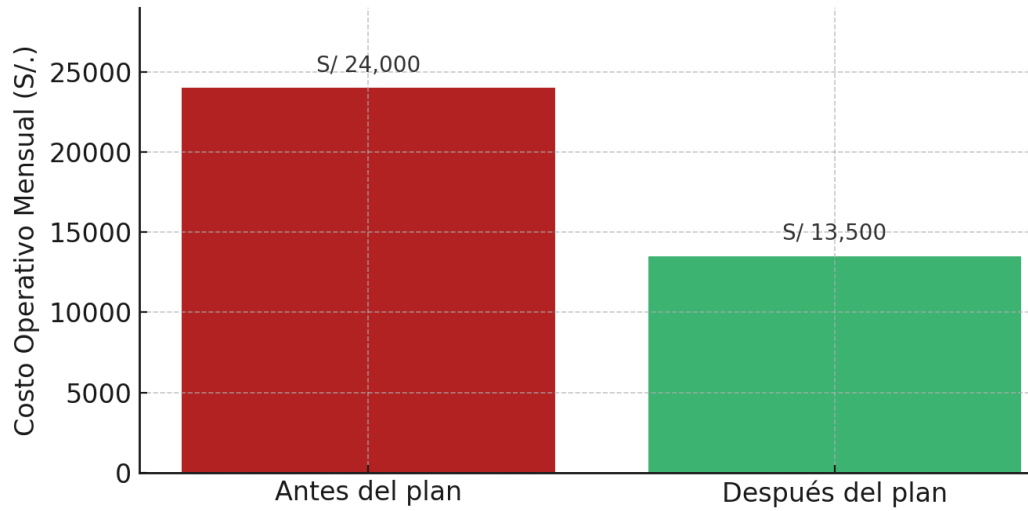
Variación de los costos operativos

Periodo	Costo Operativo Mensual (S/.)	Variación (%)
Antes del plan	24,000	—
Después del plan	13,500	-43.75%

Nota. Elaboración propia (2025). Comparación del costo mensual por mantenimiento correctivo y paradas no planificadas.

Figura 10

Comparación costos operativos



Mejora en Indicadores de Mantenimiento

Se utilizaron indicadores clave (KPIs) para medir el rendimiento del sistema de mantenimiento. A continuación, se muestra la evolución de los principales:

Tabla 10

KPI de Mantenimiento

Indicador	Antes del Plan	Después del Plan	Mejora (%)
MTTR (Mean Time To Repair)	3.2 horas	2.1 horas	34.38%
MTBF (Mean Time Between Failures)	28 horas	49 horas	75.00%
Disponibilidad Técnica (%)	82.5%	91.3%	10.67%
Cumplimiento del Plan (%)	0%	95.2%	—

Nota. Elaboración propia (2025). Generación de los principales indicadores de mantenimiento.

Figura 11

Comparación de kpi de mantenimiento



Estos resultados evidencian que el nuevo plan de mantenimiento no solo fue ejecutado con alta adherencia por parte del equipo técnico, sino que además generó mejoras consistentes en la frecuencia de fallas y tiempos de reparación.

Análisis de Fallas Recurrentes

Mediante la aplicación del diagrama de Pareto, se identificó que un 78% de los tiempos de parada estaban concentrados en tres causas principales. Tras la implementación de medidas específicas (alineación de motores, revisión de rodamientos y limpieza de válvulas neumáticas), estas causas disminuyeron considerablemente, como se observa en la siguiente comparación:

Tabla 11

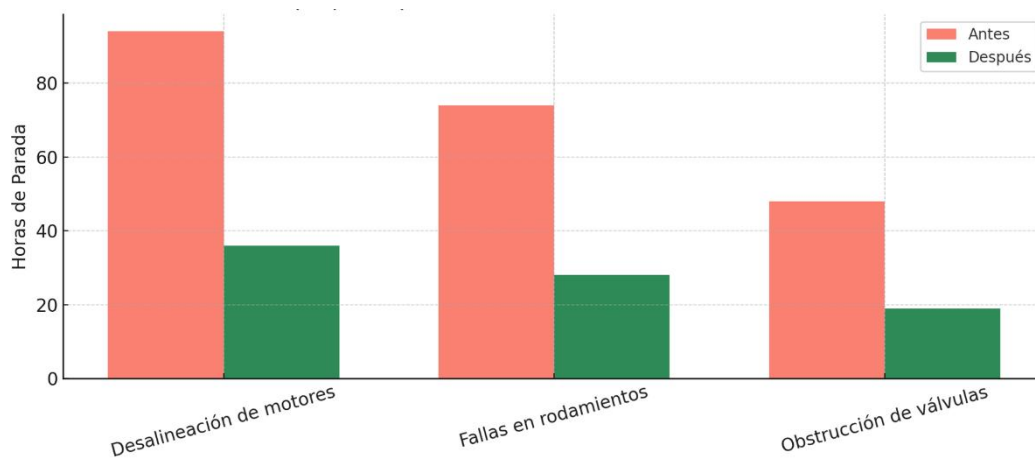
Análisis de Fallas

Falla	Antes	Después
Desalineación de motores	94 horas	36 horas
Fallas en rodamientos	74 horas	28 horas
Obstrucción de válvulas	48 horas	19 horas

Nota. Elaboración propia (2025).

Figura 12

Comparación de kpi de mantenimiento



Este enfoque dirigido permitió atacar el núcleo del problema, demostrando la efectividad del diagnóstico y priorización realizados en fases anteriores.

Evaluación Cualitativa

Más allá de los indicadores numéricos, el impacto del proyecto también se reflejó en una mejora notable del ambiente laboral en el área de mantenimiento. Los técnicos expresaron mayor confianza en los procedimientos estandarizados y mostraron

disposición activa durante las capacitaciones. Además, el equipo de producción reportó mayor fluidez en sus procesos, reduciendo los tiempos de espera por máquinas inactivas.

El plan fue validado y bien recibido por el Gerente de Planta, quien destacó en reuniones de seguimiento la disminución de interrupciones inesperadas y el mejor uso de los recursos técnicos.

Coherencia con los Objetivos

Cada uno de los objetivos específicos planteados fue abordado y medido:

- Diagnóstico: se realizó y documentó mediante fichas de equipos, diagramas y análisis de criticidad.
- Identificación de causas: se evidenció con herramientas como Ishikawa y Pareto.
- Plan estructurado: se diseñó y ejecutó con cronograma, responsables y recursos.
- Monitoreo y control: se implementaron KPIs y hojas de seguimiento que siguen activas.
- Medición de impacto: los indicadores mostraron mejoras significativas, confirmando la efectividad del plan.

Aspectos Éticos

Durante todo el desarrollo del proyecto, se respetaron íntegramente los principios éticos establecidos en el Código de Ética de la Universidad Privada del Norte (UPN). Se garantizó plenamente el consentimiento informado y se protegieron los derechos de todos los participantes, asegurando respeto absoluto por su dignidad e integridad. La

información presentada en este trabajo es completamente verídica y comprobable, asegurando transparencia, responsabilidad y rigurosidad profesional. Se observó estrictamente la normativa de derechos de autor, realizando citaciones precisas y claras según las pautas éticas y académicas establecidas por la UPN. Esto contribuyó significativamente a mantener altos estándares éticos y de calidad en la ejecución del presente proyecto.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La implementación del proyecto reveló un escenario inicial marcado por una elevada incidencia de paradas no planificadas, totalizando aproximadamente 284 horas en tres meses. Las causas principales identificadas fueron ausencia de procedimientos estandarizados, falta de capacitación técnica adecuada, obsolescencia de equipos, uso frecuente de repuestos genéricos y ausencia de registros históricos de mantenimiento. Adicionalmente, el presupuesto operativo mensual asociado a estas paradas era considerablemente alto, estimado en S/. 24,000, impactando negativamente en la eficiencia operativa y rentabilidad de la empresa.

Herramientas aplicadas

Para abordar estos problemas se implementaron diversas metodologías de ingeniería industrial orientadas a la mejora continua y la prevención, destacándose:

- Planificación y ejecución de un plan estructurado de mantenimiento preventivo.
- Aplicación integral del Mantenimiento Productivo Total (TPM).
- Realización de análisis detallado de criticidad para identificar equipos críticos.
- Uso del Diagrama Ishikawa y Diagrama de Pareto para identificar y priorizar causas raíz.
- Desarrollo y monitoreo continuo de indicadores clave de desempeño (MTBF, MTTR, Disponibilidad Técnica).
- Programas sistemáticos de capacitación y formación técnica especializada del personal.

Resultados antes y después

La aplicación eficaz de estas herramientas produjo resultados significativos y medibles, alineados directamente con los objetivos del proyecto:

Reducción sustancial de horas de parada no programadas de 284 a 164 horas en un período comparativo trimestral, lo que representa una mejora del 42.25% en la continuidad operativa.

Disminución considerable en costos operativos mensuales, que se redujeron de S/. 24,000 a S/. 13,500, representando un ahorro económico directo del 43.75%.

Mejora notable en los indicadores clave: Disponibilidad Técnica incrementada de 82.5% a 91.3%, reducción del MTTR de 3.2 horas a 2.1 horas, y aumento significativo del MTBF de 28 horas a 49 horas, evidenciando una optimización notable en la gestión del mantenimiento.

Lecciones aprendidas

Durante el desarrollo de este proyecto se identificaron valiosas lecciones aprendidas que fortalecieron notablemente las competencias profesionales aplicadas:

La relevancia crítica de contar con procedimientos estandarizados para mejorar significativamente la eficiencia operativa.

La importancia de una capacitación constante y actualizada del personal técnico para asegurar la correcta implementación y sostenibilidad del plan de mantenimiento.

El valor agregado de la gestión sistemática y analítica mediante indicadores clave que permiten un seguimiento riguroso y decisiones basadas en datos precisos.

La necesidad de un enfoque colaborativo e integral, involucrando a todas las áreas relevantes para lograr una implementación exitosa y sostenible.

Recomendaciones

En base a las lecciones aprendidas y los resultados obtenidos, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Consolidar una cultura organizacional robusta orientada hacia el mantenimiento preventivo y predictivo, incentivando capacitaciones regulares y participación activa del personal en todas las etapas del proceso.
- Implementar soluciones tecnológicas avanzadas como sistemas informatizados de gestión de mantenimiento (CMMS), para facilitar el seguimiento y análisis de actividades y datos, garantizando mayor precisión y eficiencia operativa.
- Realizar evaluaciones y auditorías periódicas del plan implementado, realizando ajustes en las frecuencias y tareas de mantenimiento según resultados, tendencias operativas y avances tecnológicos disponibles.
- Planificar inversiones estratégicas en renovación y actualización tecnológica de los equipos críticos, lo cual permitirá una reducción aún más significativa de tiempos de paradas no planificadas y un incremento en la productividad.
- Establecer acuerdos preferentes con proveedores certificados para la adquisición de repuestos originales y garantizados, incrementando así la confiabilidad y rendimiento de los equipos.

REFERENCIAS

- Carranza, J., & Vargas, E. (2021). Plan de mantenimiento preventivo en maquinaria compactadora para reducir fallas mecánicas. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Chávez, L. (2022). Aplicación del mantenimiento preventivo para reducir costos operativos en empresa de movimiento de tierras, Arequipa 2021. Universidad Católica de Santa María.
- Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Campbell, J. D. (2015). Planning and Control of Maintenance Systems: Modelling and Analysis. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14941-7>
- Fernández, M. (2019). Reducción de costos de mantenimiento correctivo mediante la implementación de un plan preventivo en una empresa de maquinaria pesada. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Gamarra, C., & Oré, F. (2023). Optimización del mantenimiento preventivo en maquinaria subterránea mediante indicadores de desempeño. Universidad Nacional de San Marcos.
- González, A., & Rojas, D. (2021). Gestión de mantenimiento preventivo en equipos de perforación minera en Colombia. *Revista Ingeniería y Competitividad*, 23(1), 45–55. <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/inquietudempresarial/article/view/4591>
- Hernández, C., & Muñoz, A. (2019). Evaluación del mantenimiento preventivo en maquinaria de obras civiles: caso Chile. *Revista Chilena de Ingeniería*, 27(4), 432–441. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052019000400432&script=sci_arttext
- Linares, J., & Salcedo, M. (2020). Eficiencia operativa en maquinaria pesada mediante mantenimiento planificado. Universidad Nacional de Ingeniería.

- López, P., & García, S. (2021). Implementación del mantenimiento preventivo en maquinaria vial: caso Ecuador. *Revista Latinoamericana de Ingeniería*, 18(2), 89–98.
- Chang, Y., Li, X., & Zhou, M. (2022). Preventive maintenance strategies for construction machinery leasing companies in China. *International Journal of Construction Management*, 22(3), 145–158. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1742625>
- Martínez, D., & Vega, R. (2021). Gestión de mantenimiento en flotas de transporte pesado. *Revista Española de Ingeniería de Mantenimiento*, 34(2), 25–34. <https://ojs.upv.es/index.php/rei/article/view/15310>
- Pinto, H., & Morales, L. (2020). Mejora del rendimiento operativo mediante mantenimiento preventivo en equipos alquilados. *Revista Brasileira de Ingeniería Mecánica*, 38(1), 22–30.
- Quispe, R., & Aguilar, M. (2019). Implementación del mantenimiento preventivo en excavadoras para mejorar la disponibilidad del servicio. Universidad Nacional del Callao.
- Rojas, F., & Pérez, V. (2021). Reducción de incidentes operativos mediante mantenimiento planificado en maquinaria minera, Cajamarca 2020. Universidad Privada del Norte.
- Soto, L., & Hernández, T. (2020). Impacto del mantenimiento preventivo en maquinaria agrícola en México. *Revista de Ingeniería Rural*, 16(3), 102–110.
- Torres, M., & Navarro, G. (2023). Optimización del mantenimiento preventivo en empresas de alquiler de maquinaria pesada. *Revista Argentina de Ingeniería Industrial*, 41(1), 51–61

Valdivia, J., Ruiz, P., & Gómez, E. (2020). Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la eficiencia en una empresa de transporte pesado, Lima. Universidad Tecnológica del Perú.

Campbell, J. D., & Jardine, A. K. (2001). Maintenance Excellence: Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions. CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781420029406>

Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Campbell, J. D. (2015). Planning and Control of Maintenance Systems: Modelling and Analysis. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-14941-7>

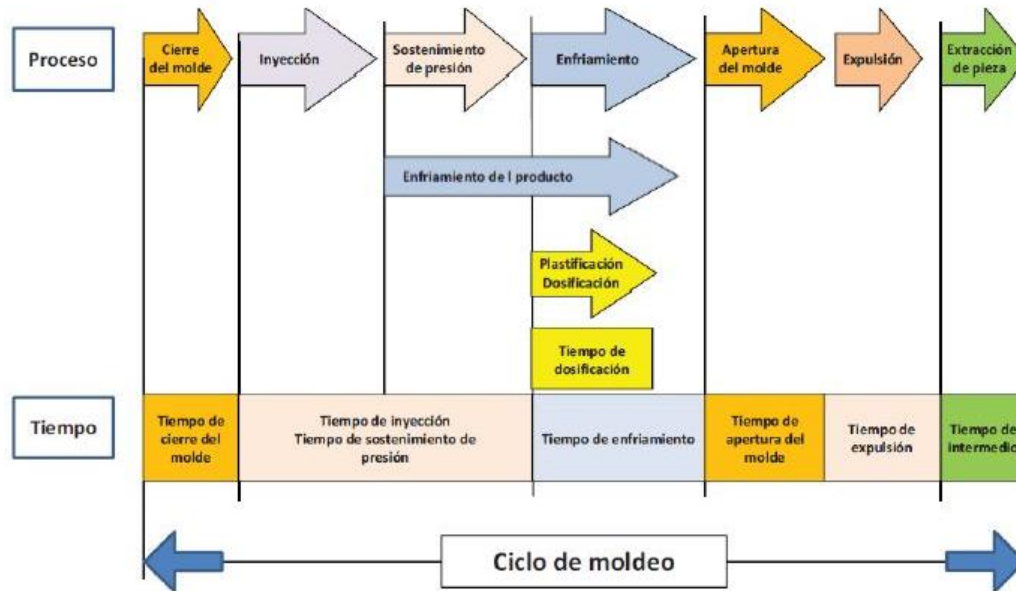
Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Productivity Press. <https://doi.org/10.1201/9780367808999>

Universidad Privada del Norte. (2024). Código de Ética de la UPN. Recuperado de <https://www.upn.edu.pe/codigo-etica>

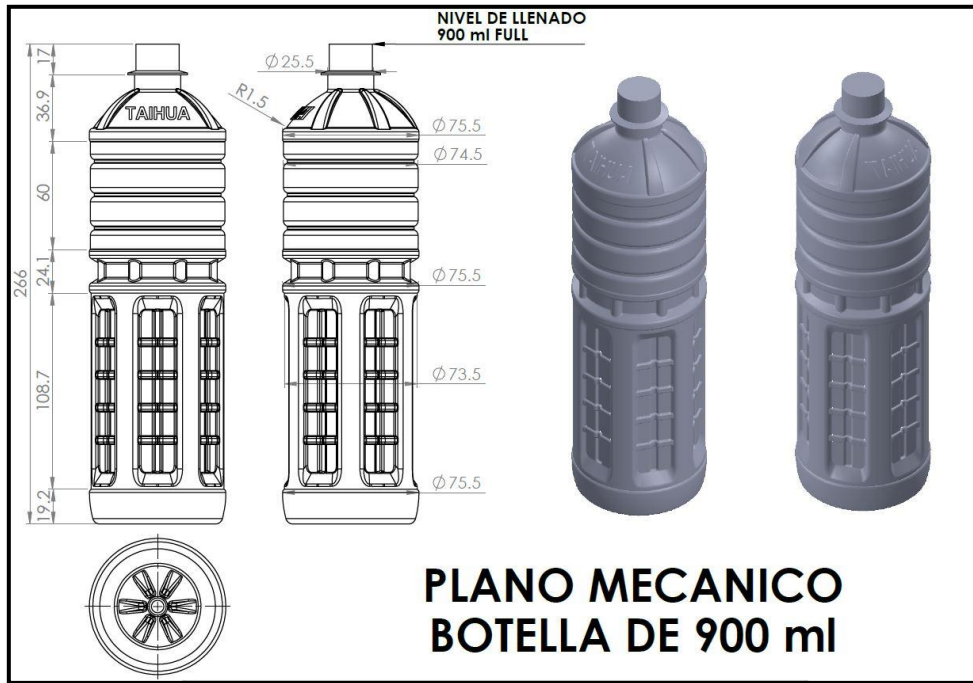
International Organization for Standardization. (2014). ISO 55000:2014 Asset management – Overview, principles and terminology. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/55088.html>

ANEXOS

Anexo 1. Flujo de proceso inyección



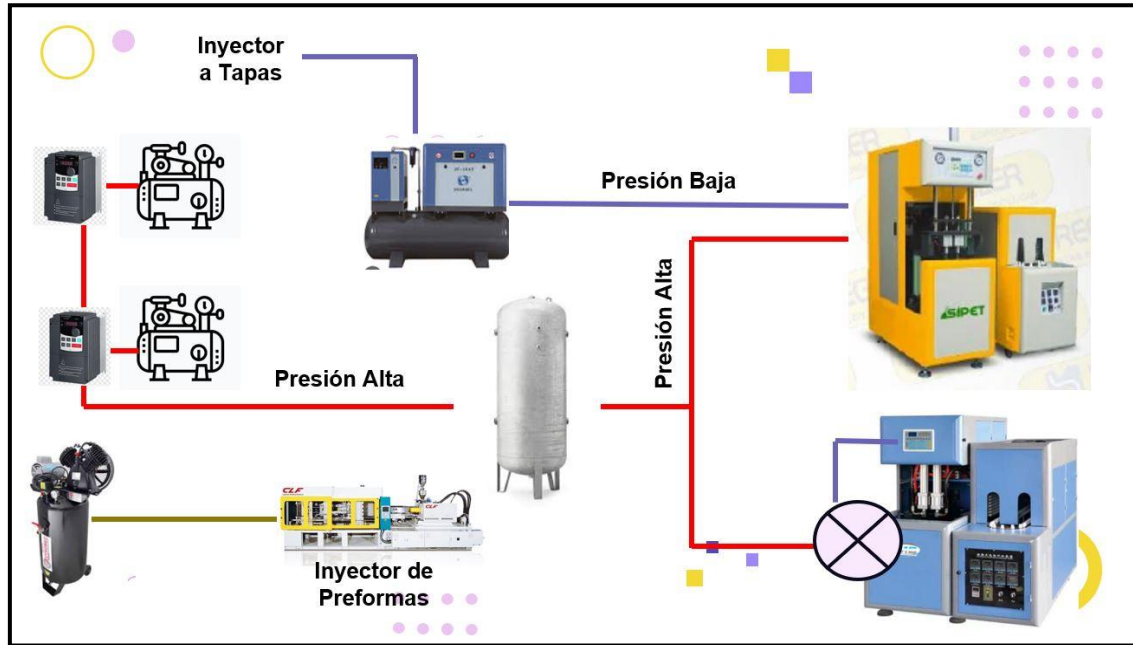
Anexo 2. Plano mecánico Botella PET



Anexo 3. Formato de Programación PET

Producción Sopladoras										
Día	Fecha	Sopladora	Modelo	Preforma	Producción	Real	Merma	% Merma	Prod x H	
Jueves	24/08/2023	4	280		14,508	13,200	1,308	9%	1,209	
Viernes	25/08/2023	4	280		13,136	12,200	936	7%	1,095	
Sábado	26/08/2023	4	280		17,440	15,800	1,640	9%	1,453	
Domingo	27/08/2023	4	-		-	-	-		-	
Lunes	28/08/2023	4	325		8,480	5,400	3,080	36%	707	
Martes	29/08/2023	4	325		12,484	10,100	2,384	19%	1,040	
Miércoles	30/08/2023	4	325		8,016	7,200	816	10%	668	
Jueves	31/08/2023	4	325		11,539	10,500	1,039	9%	962	
Viernes	1/09/2023	4	325		12,244	11,300	944	8%	1,020	
Sábado	2/09/2023	4	325		9,320	8,600	720	8%	777	
Domingo	3/09/2023	4	-		-	-	-		-	
Lunes	4/09/2023	4	340	Campoy	14,040	11,900	2,140	15%	1,170	
Martes	5/09/2023	4	340	Campoy	16,500	15,700	800	5%	1,375	
Miércoles	6/09/2023	4	340	Campoy	10,500	8,600	1,900	18%	875	
Jueves	7/09/2023	4	340	Campoy	4,092	3,800	292	7%	341	

Anexo 4. Layout del sistema de aire - 2024



Anexo 5. Capacitación de errores de nivel I



Anexo 6. Molde de 24 tapas

