



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,  
Volumen 9, Número 6.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i6](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6)

# MEJORA DE PROCESOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA INDUSTRIA DE ECO MOVILIDAD MEDIANTE EL USO DEL TPM

PROCESS IMPROVEMENT IN THE ECO-MOBILITY INDUSTRY PRODUCTION LINE THROUGH THE USE OF TPM

**García Trejo Luis Antonio**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**Ortega Jiménez Mauricio Saúl**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**Ramirez Reyna Sergio Blas**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**González Hernández Manuel**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**Montufar Benítez Marco Antonio**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**Ramírez Quintanilla Lidia**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

## Mejora de Procesos en la Línea de Producción de la Industria de Eco Movilidad Mediante el Uso del Tpm

**García Trejo Luis Antonio<sup>1</sup>**

[ga388120@uaeh.edu.mx](mailto:ga388120@uaeh.edu.mx)

<https://orcid.org/0009-0006-5825-2333>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
México

**Ramirez Reyna Sergio Blas**

[sramirez@uaeh.edu.mx](mailto:sramirez@uaeh.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-0827-7074>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
México

**Montufar Benítez Marco Antonio**

[montufar@uaeh.edu.mx](mailto:montufar@uaeh.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-9756-1554>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
México

**Ortega Jiménez Mauricio Saúl<sup>2</sup>**

[or402482@uaeh.edu.mx](mailto:or402482@uaeh.edu.mx)

<https://orcid.org/0009-0003-4877-9498>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
México

**González Hernández Manuel**

[mghdez@uaeh.edu.mx](mailto:mghdez@uaeh.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-9171-9816>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
México

**Ramírez Quintanilla Lidia**

[lidia\\_ramirez@uaeh.edu.mx](mailto:lidia_ramirez@uaeh.edu.mx)

<https://orcid.org/0009-0006-6270-0469>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
México

### RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo optimizar la gestión del mantenimiento en una empresa de eco movilidad mediante la transición de un modelo correctivo a un enfoque de Mantenimiento Productivo Total (TPM). La metodología se basa en un análisis costo–beneficio de tres escenarios: subcontratación semanal del mantenimiento preventivo, contratación de un técnico interno y mantenimiento correctivo actual. El estudio se centra en el laboratorio de calidad, donde la alta demanda operativa y la ausencia de mantenimiento preventivo generan retrasos y riesgos. Los resultados demuestran que la subcontratación semanal preventiva es la alternativa más rentable, con una relación beneficio–costo superior a 8 y evitando pérdidas anuales de más de un millón de pesos. La implementación del TPM mejora la eficiencia operativa, la confiabilidad de los equipos, la seguridad y fomenta una cultura de mejora continua.

**Palabras clave:** mantenimiento, TPM (mantenimiento productivo total), eficiencia operativa, mantenimiento preventivo, análisis costo–beneficio

<sup>1</sup> Autor principal.

2 Correspondencia: [or402482@uaeh.edu.mx](mailto:or402482@uaeh.edu.mx)

# **Process Improvement in the eco-Mobility Industry Production Line Through the Use of Tpm**

## **ABSTRACT**

This article aims to optimize maintenance management in an e-mobility company by transitioning from a corrective maintenance model to a Total Productive Maintenance (TPM) approach. The methodology involves a cost–benefit analysis of three scenarios: weekly outsourcing of preventive maintenance, hiring an in-house technician, and maintaining the current corrective strategy. The study examines the quality laboratory, where high operational demand and the absence of preventive maintenance lead to delays and risks. The results show that outsourcing weekly preventive maintenance is the most cost-effective option, with a benefit–cost ratio exceeding 8, preventing annual losses of over one million pesos. TPM implementation enhances operational efficiency, equipment reliability, safety, and fosters a culture of continuous improvement

**Keywords:** maintenance, TPM (total productive maintenance), operational efficiency, preventive maintenance, cost–benefit analysis

*Artículo recibido 15 octubre 2025  
Aceptado para publicación: 28 noviembre2025*



## **INTRODUCCIÓN**

### **Contexto general**

En México, el mantenimiento de sistemas eléctricos continúa siendo un tema poco explorado y, en muchos casos, subestimado, a pesar del alto riesgo de accidentes que puede implicar su deficiente gestión. Un claro ejemplo es la calidad de las instalaciones eléctricas domésticas, el cual representa una de las mayores áreas de oportunidad en el país en materia de eco movilidad ya que los materiales no soportan la energía requerida. Sin embargo, aún con una buena calidad de materiales, es indispensable fomentar una cultura del mantenimiento que garantice el óptimo desempeño de los equipos e instalaciones, asegurando tanto la calidad del servicio como la seguridad de los usuarios.

### **Importancia del mantenimiento en la industria:**

Con el objetivo de cumplir con estándares internacionales, como lo es la ISO 9001, y poder ser competitivas globalmente, las empresas se han visto obligadas a mejorar sus procesos continuamente. Uno de los pilares fundamentales es el mantenimiento industrial, el cual busca asegurar que las herramientas y equipos se encuentren en condiciones que les garantice la mejor calidad en todo momento. El mantenimiento busca que estén en un nivel de desempeño óptimo, ya que, de acuerdo con un estudio (Infraspeak, 2020) el 60 % de las empresas asocian el mantenimiento preventivo con una mejor productividad y a pesar de esto, el personal de mantenimiento prefiere el enfoque predictivo (UpKeep, 2020), buscando una transición hacia una metodología más proactiva (UpKeep, 2023). Asimismo, busca extender el tiempo de vida de los equipos y que no represente un riesgo para el recurso humano.

### **Presentación del laboratorio y de la empresa:**

El presente artículo se enfoca en un laboratorio de Calidad de una empresa con giro de eco movilidad. Este laboratorio desempeña un papel clave dentro de los procesos productivos de la empresa, ya que en él se realizan pruebas y validaciones fundamentales para garantizar el desempeño y seguridad de los productos.

Con el objetivo de minimizar los paros en la línea de producción, mejorar la calidad en sus productos y reducir la tasa de accidentes, esta ha invertido en materiales y equipos de la mejor calidad, sin embargo,



esto no los exime de fallos y averías, motivo por el cual se debe implementar un sistema de mantenimiento más robusto inmediatamente.

### **Problema actual**

En el laboratorio del área de Calidad se utiliza una gran variedad de herramientas y equipo, en donde se hará énfasis en tres de estos que tienen una alta demanda operativa diaria. Sin embargo, estos solo cuentan con mantenimiento correctivo, y algunas de las problemáticas que tiene este enfoque es que ocasiona retrasos en la producción, incertidumbre en las entregas y un riesgo constante de accidentes en caso de fallas inesperadas. Ante esta situación, se propone la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), una metodología que está enfocada en maximizar la eficiencia de los equipos y promover una cultura de mejora continua.

### **Planteamiento del Problema**

#### **Descripción de la situación actual**

El mantenimiento suele ser un área poco priorizada en muchas pequeñas y medianas empresas, principalmente debido a la falta de conocimiento técnico, recursos económicos limitados o la priorización de otras actividades operativas. Tal es el caso del laboratorio de Calidad de esta empresa dedicada a la eco movilidad, donde actualmente solo se aplica mantenimiento correctivo a los equipos.

#### **Impacto en la eficiencia del laboratorio**

Este enfoque reactivo trae consigo múltiples consecuencias negativas: incrementa los tiempos de inactividad, acelera el desgaste de los equipos, eleva los costos operativos y pone en riesgo tanto la seguridad del personal como el cumplimiento de los tiempos de entrega. Como lo señalan Olarte, Botero y Cañón (2010), las pérdidas ocasionadas por la ausencia de un mantenimiento planificado incluyen averías inesperadas, productos defectuosos, incumplimientos en los tiempos de entrega e incluso accidentes laborales.

A pesar de contar con el recurso humano calificado, al no contar con un plan de mantenimiento, una avería los haría verse comprometidos en su eficiencia operativa. Incluso en el mejor de los escenarios —con disponibilidad de refacciones y herramientas— una avería puede causar pérdidas considerables. En entornos con personal reducido, como es común en muchas microempresas, una falla puede paralizar las actividades por horas.



En el caso de esta empresa, por ejemplo, en una situación poco desafortunada, una interrupción de una hora en la soldadora representa un retraso del 10 % del tiempo total requerido para ensamblar un producto.

Este tipo de problemas son comunes en industrias donde el mantenimiento correctivo aún predomina sobre otros enfoques, como advierte Sanzol Iribarren (2010), quien menciona que un gran porcentaje de empresas siguen operando bajo esta estrategia, sin cuestionar su viabilidad a largo plazo ni su impacto en los objetivos de negocio.

### **Valor agregado de la empresa**

Si bien la empresa cuenta con el conocimiento técnico necesario para fabricar y reparar su propia maquinaria, no existe un plan que permita estandarizar tareas de mantenimiento o transmitir este conocimiento a nuevos operadores.

Es por esto, que se plantea la necesidad de implementar un plan basado en la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM), una filosofía moderna que busca alcanzar “cero averías” mediante la implicación activa del personal, desde los operarios hasta los niveles directivos (Sanzol Iribarren, 2010). El TPM permite prevenir fallas, reducir tiempos muertos y promover la mejora continua.

## **MARCO TEÓRICO**

El mantenimiento industrial ha experimentado una transformación progresiva desde la Revolución Industrial hasta la actualidad, adaptándose a las crecientes demandas de la producción y la evolución tecnológica, ha transitado desde una lógica reactiva con altos costos y poca planificación, hasta un enfoque integral y estratégico como el TPM. Esta evolución ha dado lugar a diferentes enfoques de mantenimiento, los cuales han contribuido al desarrollo de estrategias cada vez más eficientes para garantizar la continuidad operativa, la calidad del producto y la seguridad en las plantas industriales.

### **Mantenimiento Reactivo (Finales del siglo XVIII - principios del XIX)**

Durante la Revolución Industrial, el mantenimiento se realizaba de manera reactiva. Es decir, se intervenía únicamente cuando ocurría una falla, sin ningún tipo de planificación. Los operarios eran los encargados de efectuar las reparaciones, lo que generaba constantes interrupciones no planificadas y altos costos por los paros prolongados.



### **Mantenimiento Preventivo** (Década de 1950)

Con el incremento de la complejidad de las máquinas y la necesidad de reducir los tiempos de inactividad, surgió el mantenimiento preventivo. El cual consistía en la realización de tareas programadas de inspección, lubricación, ajustes y reemplazo de piezas, con el objetivo de prevenir fallas antes de que ocurrieran. Esta metodología representó un avance significativo en la confiabilidad operativa, aunque aún presentaba limitaciones frente a imprevistos.

### **Mantenimiento Predictivo** (Década de 1960)

El desarrollo de tecnologías de monitoreo de condiciones como la termografía, el análisis de vibraciones y la ultrasonografía permitió el surgimiento del mantenimiento predictivo. A diferencia del mantenimiento preventivo, este se basa en el análisis en tiempo real del estado de los equipos para anticiparse a las fallas, permitiendo intervenciones más precisas, reducción de costos innecesarios y una mayor optimización de recursos.

### **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** (Década de 1970)

Desarrollado en Japón por Seiichi Nakajima, el TPM representa una evolución estratégica del mantenimiento industrial. Esta filosofía busca maximizar la eficiencia global de los equipos mediante la integración del mantenimiento en todos los niveles de la organización, especialmente con la participación del personal operativo. El TPM se basa en la eliminación de pérdidas, la mejora continua y la capacitación del personal, promoviendo una cultura de corresponsabilidad entre mantenimiento y producción.

### **Mantenimiento Proactivo** (Década de 1990)

Como resultado de la necesidad de una gestión aún más eficiente, surgió el mantenimiento proactivo. Este enfoque se centra en la identificación y eliminación de las causas raíz de las fallas, en lugar de simplemente atender sus consecuencias. Se busca fomentar la mejora continua y busca extender la vida útil de los activos mediante el análisis de patrones de fallas y condiciones operativas.

### **Mantenimiento Basado en la Condición (CBM) e Industria 4.0** (Década del 2000 en adelante)

La revolución digital ha dado lugar a la implementación del mantenimiento basado en la condición (CBM), impulsado por el uso de sensores inteligentes, big data y tecnologías de la Industria 4.0.



Esta estrategia permite monitorear el estado real de los equipos en tiempo real, programando intervenciones solo cuando son necesarias, lo que reduce los costos y mejora la disponibilidad de los activos.

## METODOLOGÍA

Hoy en día en la industria el mantenimiento de los equipos se transforma en un aspecto fundamental para la continuidad de las operaciones, la calidad de los productos y la seguridad industrial. Existen muchas organizaciones que realizan sus operaciones en función del mantenimiento correctivo, es decir, luego de una falla. Las alteraciones de los equipos provocan niveles altos de costos por paros no planificados, disminución de la producción y desgaste prematuro de los equipos. Por lo que surge la necesidad de contrarrestar estos problemas y cambiar a políticas más eficaces y efectivas de mantenimiento, tales como la creación y desarrollo del Mantenimiento Productivo Total.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM), es una filosofía de gestión desarrollada en Japón en la década de los setenta por Nippon Denso, que tiene como finalidad la maximización de la eficiencia de los equipos, abordando a los factores causales más comunes de paros, defectos y accidentes (Engeman 2023). En donde se busca la creación de una cultura organizacional sobre la base de la mejora continua y del aprendizaje colectivo.

Como se muestra en la figura 1 el marco conceptual de TPM se sostiene en ocho pilares: 1- Mantenimiento autónomo, centrado en la capacitación del operario para desarrollar actividades de mantenimiento fundamentales; 2- Mantenimiento planificado, para evitar las fallas con intervenciones en tiempos planificados; 3- Mejoras enfocadas, apuntadas en la mitigación de pérdidas específicas; 4- El mantenimiento de la calidad, para garantizar condiciones óptimas de operación y su tratamiento para probabilidades altas de defectos; 5- Educación y formación, para fomentar habilidades técnicas; 6- Control inicial, focalizado en diseñar nuevas instalaciones pensando en los mantenimientos a futuro; 7- La gestión de la seguridad y el medio ambiente, para configurar un lugar de trabajo sin complicaciones; 8- La gestión de oficinas, que lleva los conceptos de TPM al ámbito administrativo (Engeman 2023).

Otro componente central del TPM es el mantenimiento preventivo, cuya esencia se reduce a la planificación de intervenciones regulares según el tiempo de operación, el kilometraje, el número de ciclos, entre otros.



El objetivo del mantenimiento preventivo es evitar situaciones de falla haciendo posible que un sistema de protección se dé cuenta de la amenaza antes de que ocurra. Por lo tanto, dicha estrategia permite aumentar la vida útil de los equipos y reducir los paros no planificados. Al mismo tiempo, el mantenimiento predictivo es una variación sobre el tema del mantenimiento preventivo. En este caso, se lleva a cabo un monitoreo continuo de las condiciones del equipo utilizando la termografía, el análisis de vibraciones, la ultrasonografía, entre muchas otras. Además, las actividades permiten prever posibles situaciones de falla con mayor precisión, por lo que, de esta manera, una compañía evita gastos innecesarios en su resolución.

Además, el mantenimiento productivo en el contexto del TPM, se refiere a la unión de todos los trabajadores en las actividades de mantenimiento. Por lo tanto, se asocia con una mayor integración de la producción y la fiabilidad de los activos. En este sentido, el objetivo principal es que el personal de producción participe en la realización de tareas sencillas de inspección, limpieza y lubricación. Eso fomenta una reducción de llegada del departamento de mantenimiento y mejora los tiempos de respuesta. Y, finalmente, el mantenimiento de cero horas es el mantenimiento que restaura completamente la capacidad del equipo a su estado nuevo. Esto se realiza después de un cierto número de horas u operaciones y es común en industria donde la confiabilidad es crítica, como en la aeronáutica y el transporte.

Varios estudios han demostrado la efectividad del TPM y el mantenimiento preventivo en el mejoramiento del desempeño operativo: los resultados de un estudio de la Universidad Privada del Norte en 2020 muestran que el programa de mantenimiento preventivo con base en el TPM puede aumentar la eficiencia de las máquinas en 30 % y la productividad en 9 % aproximadamente. (Universidad Privada del Norte, 2020).

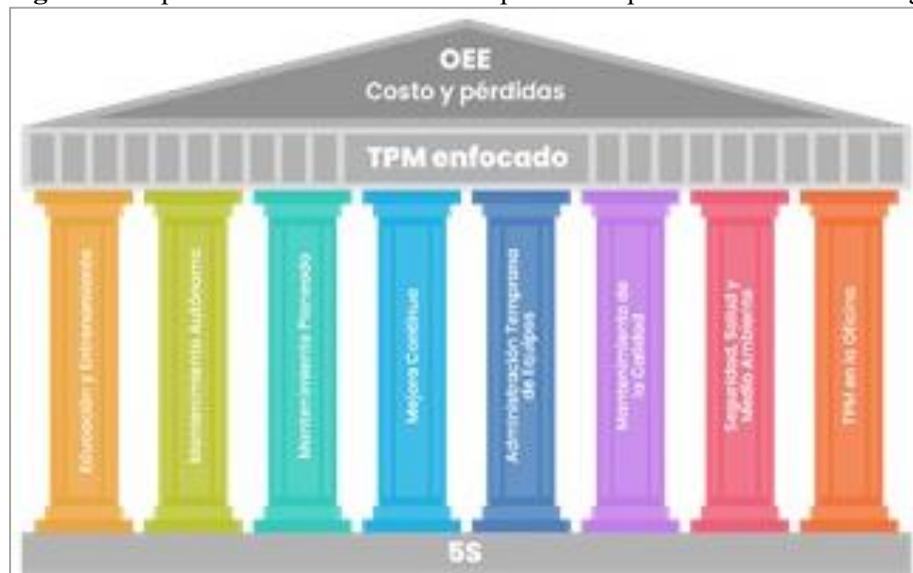
Los principales beneficios identificados al adoptar un enfoque preventivo y proactivo de mantenimiento incluyen la disminución de paros no programados, el aumento de la vida útil de los equipos, la mayor calidad del producto y la cultura de mejora organizacional que involucra a muchos trabajadores de la organización en todos los niveles (Ingeniia 2022).

En este sentido, la implementación de este marco conceptual se relaciona directamente con el marco teórico del presente estudio, cuyo objetivo consiste en desarrollar un plan de mantenimiento preventivo



de equipos industriales para una empresa mexicana de ecomovilidad que actualmente trabaja bajo un sistema correctivo. Por tanto, la introducción de tal estrategia, así como la aplicación de la técnica del mantenimiento productivo total y la integración de diferentes tipos de mantenimiento, contribuirán tanto al aumento de la fiabilidad de los equipos como a la producción más eficiente, segura y sostenible, transformándose en un paso integral hacia la mejora completa de los procesos de producción de la empresa.

**Figura 1.** Implementación de TPM en 12 pasos. Adaptado de SPC Consulting Group (s. f.).



### Objetivo General

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo basado en la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la eficiencia operativa, reducir fallas imprevistas y fortalecer la cultura de mantenimiento en el laboratorio de calidad de una empresa mexicana del sector de eco movilidad.

### Objetivos Específicos

1. Diagnosticar el estado actual del mantenimiento en el laboratorio de calidad, identificando los equipos críticos, las fallas frecuentes y los impactos asociados al mantenimiento correctivo.
2. Analizar los costos y consecuencias operativas del mantenimiento correctivo frente a modelos de mantenimiento preventivo y predictivo, para establecer criterios técnicos y económicos de viabilidad.
3. Proponer una estrategia de transición hacia el Mantenimiento Productivo Total (TPM), integrando al personal operativo en actividades de inspección, limpieza y conservación básica de los equipos.

4. Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo basado en condición, considerando las características de uso, ciclos de operación y requerimientos técnicos de los equipos más demandados del laboratorio.
5. Fomentar una cultura organizacional de mejora continua en el área de calidad, mediante la capacitación, sensibilización del personal y la implementación de buenas prácticas de mantenimiento.
6. Evaluar los beneficios esperados de la implementación del TPM, en términos de reducción de paros no planificados, aumento en la vida útil de los equipos, y mejora en la seguridad y confiabilidad operativa.

### **Lista de herramientas y sus mantenimientos**

#### **Cargador de celdas**

Conjunto de elementos que conforman un cargador de múltiples celdas de manera simultánea.

Componentes que requieren mantenimiento: Base de MDF, cables conductores, caimanes, zapatas, BMS y fuente de energía.

Materiales/Herramientas necesarias para el mantenimiento: Repuesto de todos los componentes.

Duración aproximada del mantenimiento: Cuando menos 10 minutos.

#### **Descargador de celdas**

Conjunto de componentes que de manera conjunta permiten descargar celdas de manera simultánea para observar su comportamiento.

Componentes que requieren mantenimiento: Resistencias, resistencias shunt, cables, caimanes, conectores, fuentes de energía, lámina de aluminio, disipadores de calor.

Materiales/Herramientas necesarias para el mantenimiento: Repuesto de todos los componentes.

Duración aproximada del mantenimiento: Cuando menos 60 minutos.

#### **Kit de soldadura.**

Conjunto de herramientas que incluye soldador, pedal y puntas de cobre; necesarios para realizar uniones eléctricas seguras entre celdas.



Componentes que requieren mantenimiento: Conector de tomacorriente, componentes electrónicos, cables conductores, puntas de cobre, conector de puntas, ventilador, daños mecánicos, botones, leds, y display.

Materiales/Herramientas necesarias para el mantenimiento: Repuesto de todos los componentes.

Duración aproximada del mantenimiento: Cuando menos 20 minutos.

### **Guantes dieléctricos o de protección mecánica.**

Para manipulación de componentes eléctricos se recomiendan guantes dieléctricos (aislantes) certificados por la NOM-017-STPS-2008 y la NMX-S-053-SCFI-2006.

Componentes que requieren mantenimiento: Cuidado de la goma o caucho con el cuál estén hechos.

Materiales/Herramientas necesarias para el mantenimiento:

- Agua o detergente neutro
- Jabón
- Alcohol desnaturalizado
- Bolsa de protección

#### Proceso de mantenimiento

1. Lavar con jabón o detergente neutro tanto el exterior como interior de los guantes y enjuagar meticulosamente con agua. Para limpiar la zona de la etiqueta, utilizar únicamente agua jabonosa o alcohol desnaturalizado.
2. Secar los guantes a la sombra o con aire a una temperatura inferior a 49°C.
3. Una vez secos almacenarlos en el interior de una bolsa de protección, alejados del calor excesivo y de la luz solar directa. No almacenar los guantes plegados, arrugados, del revés, comprimidos o de cualquier otra manera que pueda provocar estiramiento o compresión. Asimismo, nunca más de un par por bolsa.

Duración aproximada del mantenimiento: 15 minutos.

### **Lentes de protección**

Evitan el contacto directo de partículas, chispas o salpicaduras de soldadura con los ojos. Deben cumplir con la NOM-017-STPS-2008 sobre equipo de protección personal.



Componentes que requieren mantenimiento: Cristales, arillos o marcos.

Materiales/Herramientas necesarias para el mantenimiento:

- Agua
- Spray limpiador o toallitas húmedas
- Microfibra

Proceso de mantenimiento:

1. Enjuagar bien las gafas con agua fría para retirar el polvo y facilitar el proceso de limpieza.
2. Limpiar los cristales antes de que los lentes se sequen. Hacerlo con delicadeza, ya sea con un spray limpiador o toallitas húmedas.
3. Los restos del limpiador y las manchas difíciles deben retirarse con una microfibra. Esto es importante, ya que otros tejidos pueden rayar los cristales.
4. Secar completamente las gafas y guárdalas en su funda o estuche.

Duración aproximada del mantenimiento: 10 minutos.

## Tijeras

Se utilizan para cortar materiales no metálicos como vinil aislante, protectores en forma de forro o etiquetas.

Componentes que requieren mantenimiento: Hojas, filo cortante, tornillo que mantiene la tensión de las tijeras

Materiales/Herramientas necesarias para el mantenimiento

- Aceite lubricante
- Paño suave
- Alcohol isopropílico o agua jabonosa.
- Destornillador (este se debe ajustar a las medidas del tornillo).
- Afilador específico para tijeras

Proceso de mantenimiento

1. Lubricación: Para mantener perfectamente eficiente el movimiento de cierre de las tijeras, es recomendable una lubricación frecuente de la zona de unión entre las hojas. Para esto es necesario



deslizar los dedos de punta humedecida de aceite lubricante sobre de las dos plantas internas y del borde de las hojas.

2. Limpieza: Con ayuda de un paño y agua jabonosa o alcohol isopropílico limpiar las hojas y el mango, eliminando restos de suciedad, pegamento, óxido o residuos.
3. Ajuste del tornillo: Verificar que las hojas no estén flojas, estas deben cerrar con firmeza, pero sin atascarse (ajustar con ayuda del destornillador).
4. Afilar: Hacer uso del afilador los cuales vienen con guías para mantener el ángulo correcto.

Duración aproximada del mantenimiento: 8-10 minutos.

### **Plumón**

Marcador permanente utilizado para identificar componentes, polaridades o referencias durante el ensamblaje.

Componentes que requieren mantenimiento: Punta, recarga o contenedor de tinta.

Materiales/Herramientas necesarias para el mantenimiento

- Repuestos de punta
- Agua tibia
- Alcohol
- Papel

Proceso de mantenimiento

1. Si la recarga se ha secado: Sumergirla en agua tibia o limpiarla con alcohol para restaurar su fluidez.
2. Daño en la punta: Sacar la punta dañada con una toalla de papel y colocar un repuesto nuevo en el cuerpo del rotulador para evitar que se deforme o se seque.

Duración aproximada del mantenimiento: 5 minutos.

### **Esmeril (tipo mini o de banco)**

Herramienta abrasiva usada para eliminar rebabas, limpiar terminales o ajustar superficies metálicas, especialmente en estructuras de níquel o soportes.

Componentes que requieren mantenimiento: Rueda abrasiva, cable de extensión, motor.



## Materiales/Herramientas necesarias para el mantenimiento

- Cepillo/ aire comprimido/ aspiradora
- Lubricante
- Refiladora
- Repuesto de la rueda abrasiva con medidas del diámetro y espesor correcto, teniendo en cuenta el modelo y código del esmeril.
- Cable de extensión

## Proceso de mantenimiento

1. Limpieza: Utilizar un cepillo/ aire comprimido/ aspiradora para eliminar restos de materiales (polvo, metal, etc.) de la rueda abrasiva, de los orificios de ventilación y de la carcasa del esmeril.
2. Cuidado de la rueda abrasiva: Con el uso las ruedas abrasivas pueden agrietarse, estriarse, redondearse de las orillas, desportillar, salirse de nivel o atascarse de materiales, (*en caso de presentar grietas, las ruedas abrasivas deben reemplazarse de inmediato, las demás condiciones pueden remediararse con una herramienta para reafilar, disponible en la mayoría de las ferreterías*).
3. Lubricación: Aplicar un lubricante adecuado a las partes móviles, como los rodamientos y el eje del motor.
4. Cable de extensión: En caso de pérdida de energía y prevenir el sobrecalentamiento de la herramienta, es necesario el uso de un cable de extensión de un calibre suficientemente grueso para que tome la corriente que la herramienta va a demandar. Este debe estar diseñado para uso en exteriores y la chaqueta o forro exterior debe estar marcado con: WA.

Duración aproximada del mantenimiento: 25-30 minutos.

## Pinzas mecánicas

Permiten sujetar, doblar o posicionar componentes durante el armado sin dañarlos. Son útiles para trabajar con terminales y cables.

Componentes que requieren mantenimiento: Puntas de agarre, articulación (eje o remache central), resorte (en caso de tener).



Materiales/Herramientas necesarias para el mantenimiento:

- Alcohol isopropílico
- Hisopo
- Aceite lubricante
- Paño seco
- Destornillador (este se debe ajustar a las medidas del tornillo).

Proceso de mantenimiento

1. Limpieza: Usar un paño seco o ligeramente húmedo para retirar polvo, grasa o residuos metálicos.  
Para residuos pegados, usar alcohol isopropílico y un hisopo.
2. Revisión de puntas: Verificar que las puntas estén alineadas y no dobladas. Si las puntas están mal alineadas, algunas pinzas permiten un ajuste por tornillo, pero si están dobladas seriamente, es mejor reemplazarlas.
3. Lubricación de la articulación: Aplica una gota de aceite lubricante ligero en la articulación, después, abrir y cerrar varias veces para distribuir bien el lubricante.
4. Verificación del resorte (si tiene): Algunas pinzas tienen resorte de apertura automática. Asegúrate de que el resorte funcione sin atascarse ni estar flojo. Si el resorte está dañado o muy flojo, considera reemplazarlo (si es desmontable) o cambiar la herramienta.

Duración aproximada del mantenimiento: 15-20 minutos.

### **Pinzas de corte**

Se usan para cortar cables, terminales o excedentes con precisión.

Componentes que requieren mantenimiento: Filos de corte, articulación (eje central), mangos.

Materiales/Herramientas necesarias para el mantenimiento:

- Paño de microfibra o algodón
- Alcohol Isopropílico
- Aceite lubricante
- Piedra de afilar o lima fina



## Proceso de mantenimiento

1. Filos de corte: Limpiar con ayuda de un paño de microfibra y alcohol después de cada uso para eliminar residuos. (Verificar regularmente la presencia de mellas, desgaste o corrosión)
2. Afilado: Si se nota pérdida de eficacia, afilar con herramientas adecuadas (piedra afilar o lima fina) para restaurar el filo.
3. Articulación o eje central: Aplicar lubricante para asegurar un movimiento suave y prevenir el desgaste prematuro del movimiento de apertura y cierre de las pinzas.
4. Mangos o empuñaduras: Limpiar con ayuda del paño de microfibra y alcohol manteniendo libre de grasa y suciedad para evitar deslizamientos y proporcionar el agarre necesario.

Duración aproximada del mantenimiento: 15-20 minutos.

## Cautín

Herramienta manual para soldar componentes electrónicos mediante calor localizado. Su punta alcanza temperaturas altas para fundir estaño en las uniones.

Componentes que requieren mantenimiento: Punta del cautín, resistencia calefactora, cordón de alimentación.

Materiales/Herramientas necesarias para el mantenimiento:

- Trapo húmedo/esponja húmeda
- Cepillo para soldadura
- Estaño

Proceso de mantenimiento:

1. Limpieza después de cada uso: Despues de soldar, limpia la punta del cautín con una esponja húmeda para eliminar restos de soldadura y evitar la acumulación de residuos. (Cabe señalar que la frecuencia de limpiado dependerá del tipo de trabajo y uso. Las puntas de uso constante deberán ser removidas para limpiarse al menos una vez por semana).
2. Oxidación: Aplicar un poco de estaño a la punta del cautín después de cada limpieza general. Esto ayuda a prevenir la oxidación y mantener la punta en buen estado.
3. Punta rota: Remover la punta dañada e insertar la nueva punta.



4. Resistencia calefactora: Desmontar el cautín, revisar si calienta bien y reemplazar si está quemada o dañada.
5. El cordón de alimentación está dañado, este debe ser reemplazado por el fabricante, su agente de servicio Weller® o personal calificado para evitar el riesgo.

Duración aproximada del mantenimiento: 30-40 minutos

### **Multímetro**

Instrumento de medición eléctrica que permite verificar voltaje, continuidad, resistencia y corriente durante y después del ensamblado.

Componentes que requieren mantenimiento: Puntas de prueba, selector de funciones (dial), pantalla (LCD), bornes de entrada (puertos), batería interna, fusibles internos, carcasa y botones.

Materiales/Herramientas necesarias para el mantenimiento:

- Paño de microfibra
- Detergente
- Algodón
- Alcohol isopropílico
- Destornilladores pequeños (este se debe ajustar a las medidas del tornillo)
- Fusibles de repuesto (del mismo tipo y capacidad que los originales)
- Batería de repuesto (según el modelo del multímetro)
- Puntas de prueba nuevas (deben ser compatibles con el modelo del multímetro)
- Pinzas o alicates pequeños (para manipular componentes internos si es necesario)

Proceso de mantenimiento:

1. Limpieza externa: Limpiar pantalla, botones y carcasa con paño y alcohol isopropílico.
2. Revisión de puntas de prueba: Verificar continuidad, aislamiento y reemplazar si están dañadas
3. Inspección de bornes: Limpiar conectores y asegurar buen contacto con las puntas.
4. Prueba del selector (dial): Girar y comprobar que funcione correctamente en todas las funciones.
5. Revisión de batería: Cambiar si está baja o sulfatada
6. Verificación de fusibles: Comprobar continuidad y reemplazar si están fundidos.



7. Prueba general: Medir voltaje o resistencia conocidos para confirmar funcionamiento.
8. Limpieza de terminales: Limpiar las terminales con algodón y detergente ya que el polvo y la humedad pueden afectar las lecturas.

Duración aproximada del mantenimiento: 45-60 minutos.

### **Pistola de calor**

Se utiliza para aplicar calor controlado sobre materiales termo contraíbles o adhesivos durante el aislamiento y protección final de la batería.

Componentes que requieren mantenimiento: Cordón de alimentación, boquillas.

Materiales/Herramientas necesarias para el mantenimiento: Paño de microfibra.

Proceso de mantenimiento:

1. Cordón de alimentación: Si el cordón de alimentación está dañado, NO utilice el equipo.  
Acudir con un distribuidor autorizado. (No intentar desarmar el equipo).
2. Limpieza: Siempre utilizar un paño suave y seco para limpiar el equipo.
3. Boquillas: Utilizar el paño de microfibra para limpiar la superficie externa de la boquilla y eliminar polvo o residuos visibles.

Duración aproximada del mantenimiento: 5 minutos.

### **Resultados y Análisis Económico del mantenimiento eléctrico bajo un Enfoque TPM**

El enfoque del análisis de mantenimiento hace énfasis en 3 máquinas que son indispensables para el proceso de producción de la empresa. Estas máquinas realizan tareas en más de un proceso, es por este motivo que es crucial que se desempeñen de la mejor manera posible para evitar cuellos de botella y pérdidas económicas como se detalla más adelante.

A continuación, en las Tablas 1, 2 y 3 se muestran de forma detallada los elementos de cada una de las máquinas imprescindibles durante el proceso de producción de baterías, así como el tiempo estimado de tiempo de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, asimismo, se indican los costos estimados hasta la fecha de cada uno de los mantenimientos involucrados para cada uno de los elementos que integran a cada sistema.



**Tabla 1.** Mantenimiento de Cargador.

Tabla 1. Mantenimiento de Cargador.						
Sistema	Componentes	Tipo de falla	Tiempo estimado de mantenimiento preventivo	Costo de mantenimiento preventivo	Tiempo estimado de mantenimiento correctivo	Costo de mantenimiento correctivo
Sistema de sujeción de celdas	Base de MDF	Estructural	20 minutos	\$3000 por todos los sistemas	240 minutos	
Sistema de conducción de energía	Cables conductores	Física	25 minutos en total		30 minutos por cable	\$180 - \$500 MXN dependiendo del calibre
	Caimanes	Física	5 minutos en total		15 minutos por cada par	\$6 el par
	Zapatas	Física	3 minutos en total		5 minutos por zapata	\$25 cada una
Sistema eléctrico	BMS	Eléctrica	25 minutos en total		20 minutos por BMS	\$500 cada uno
	Fuente de energía	Eléctrica	30 minutos		1 jornada	\$5000 cada una

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2.** Mantenimiento del Descargador.

Tabla 2. Mantenimiento del Descargador.						
Sistema	Componentes	Tipo de falla	Tiempo estimado de mantenimiento preventivo	Costo de mantenimiento preventivo	Tiempo estimado de mantenimiento correctivo	Costo de mantenimiento correctivo
Sistema de resistencias	Resistencias	Fatiga térmica	NA	\$3000 por todos los sistemas	120 minutos	\$350 cada una
	Resistencia shunt	Fatiga térmica	NA		120 minutos	\$285 cada una
		Corrosión	15 minutos en total		5 minutos por resistencia	
		Daño mecánico	15 minutos en total		120 minutos	
Sistema de conducción de energía	Cables	Física	25 minutos en total		30 minutos por cable	\$180 - \$500 MXN dependiendo del calibre
	Caimanes	Física	5 minutos en total		15 minutos por cada par	\$120 el par
	Conectores	Física	3 minutos en total		5 minutos por zapata	\$150 macho y hembra
	Fuente de energía	Eléctrica	10 minutos en total		2 minutos por fuente	\$500 cada una
Sistema de enfriamiento	Lámina de aluminio	Corrosión	5 minutos		10 minutos	\$800
		Daño mecánico	5 minutos		1 jornada al menos	
		Fatiga térmica	NA		1 jornada al menos	
	Ventiladores	Eléctrica	1 minuto		60 minutos	\$1,000
		Mecánica	1 minuto		60 minutos	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.** Mantenimiento de la Soldadora.

Tabla 3. Mantenimiento de la Soldadora.						
Sistema	Componentes	Tipo de falla	Tiempo estimado de mantenimiento preventivo	Costo de mantenimiento preventivo	Tiempo estimado de mantenimiento correctivo	Costo de mantenimiento correctivo
Sistema electrónico	Conector de tomacorriente	Daño físico	1 minuto	\$3000 por todos los sistemas	30 minutos	\$300
	Componentes electrónicos	Eléctrica	60 minutos		180 minutos	\$2,000
Sistema de conducción de energía	Cables conductores	Daño físico	1 minuto		120 minutos	\$180 - \$500 MXN dependiendo del calibre
	Puntas de cobre	Desgaste	1 minuto en total		3 minutos por punta	\$100 el par
	Conector de puntas	Daño físico	1 minuto		25 minutos	\$150 el par
		Eléctrica	5 minutos		25 minutos	
Sistema de enfriamiento	Ventilador	Eléctrica	1 minuto		120 minutos	\$200
		Mecánica	1 minuto		60 minutos	
Sistema mecánico	Daños físicos	Mecánica	5 minutos		30 minutos	\$1,000
	Botones	Mecánica	5 minutos		25 minutos	\$100 cada uno
	Leds	Eléctrica	1 minuto		20 minutos	\$5

Fuente: Elaboración propia.

### Contexto y objetivos del análisis

Con el propósito de determinar la viabilidad económica y operativa de implementar un plan de mantenimiento preventivo bajo la filosofía de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el laboratorio de calidad de una empresa mexicana dedicada a la ecomovilidad, se realizaron tres cotizaciones comparativas. Estas estimaciones permiten evaluar el costo–beneficio de tres escenarios distintos:



(a) subcontratar a un técnico en mantenimiento eléctrico una vez por semana durante dos horas, (b) contratar a un técnico de planta de tiempo completo, y (c) mantener el esquema actual de mantenimiento correctivo, ejecutado por los propios operarios de producción. El análisis cuantitativo busca identificar la alternativa más rentable considerando productividad, eficiencia y reducción de pérdidas.

#### **Cotización A: Subcontratación semanal de mantenimiento eléctrico**

De acuerdo con las tarifas de mercado vigentes en 2025, un técnico en mantenimiento eléctrico cobra entre \$600 y \$1,200 MXN por hora (HomePro, 2025; Cronoshare, 2025). Se adopta una tarifa promedio de \$800 MXN/h. El servicio se programaría una vez por semana durante dos horas (de 14:00 a 16:00 horas) sin interrumpir la producción. Además, la empresa destinaría \$1,000 MXN semanales a insumos y refacciones.

$$\text{Costo semanal} = (2h \times \$800) + \$1,000 = \$2,600 \quad (1)$$

$$\text{Costo mensual} = (\$2,600 \times 4) = \$10,400 \quad (2)$$

$$\text{Costo anual} = (\$10,400 \times 52) = \$135,200 \quad (3)$$

La ventaja principal de este esquema es que el mantenimiento se ejecuta de forma programada y preventiva, evitando los paros no planificados y las pérdidas de producción.

#### **Cotización B: Contratación de un técnico de planta**

Según Indeed (2025), el salario promedio de un técnico en mantenimiento en México es de \$12,902 MXN/mes, equivalente a \$154,824 MXN/año. Este valor no incluye prestaciones, por lo que es un cálculo conservador.

$$\text{Costo mensual} = \$12,902 \quad (4)$$

$$\text{Costo anual} = (\$12,902 \times 52) = \$154,824 \quad (5)$$

Este esquema ofrece disponibilidad permanente del personal, pero implica costos fijos aun cuando el volumen de trabajo requerido sea reducido.

#### **Cotización C: Escenario actual (mantenimiento correctivo)**

En la situación actual, la empresa no cuenta con personal especializado; los operarios detienen la producción para realizar mantenimiento correctivo. La línea produce 120 celdas/día en 8 horas (15 celdas/h). Cada celda tiene un valor de \$280 MXN. Un paro de una hora diario genera:



$$15 \frac{\text{celdas}}{\text{hr}} \times \$280 = \$4,200 \frac{\text{celdas}}{\text{hora}} \quad (6)$$

$$\text{Pérdida semanal} = \$4200 \times 5 = \$21,000 \quad (7)$$

$$\text{Pérdida mensual} = \$21000 \times 4 = \$84,000 \quad (8)$$

$$\text{Pérdida anual} = \$84000 \times 52 = \$1,092,000 \quad (9)$$

Esto representa más de un millón de pesos anuales en pérdidas por paros imprevistos.

### **Comparativa cuantitativa de los tres escenarios**

Las siguientes tablas muestran la comparación de costos:

**Tabla 3. Análisis de Costo Anual por Escenario de Mantenimiento**

Escenario	Costo anual (MXN)	Tipo de mantenimiento
A) Subcontratación semanal	\$135,200	Preventivo programado
B) Técnico de planta	\$154,824	Preventivo continuo
C) Escenario actual	\$1,092,000	Correctivo reactivo

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4. Relación Beneficio–Costo**

Relación	Beneficio (MXN)	/	Costo (MXN)	B/C
B/C (A)	1,092,000	÷	135,200	8.08
B/C (B)	1,092,000	÷	154,824	7.05

Fuente: Elaboración propia

Es decir, por cada peso invertido en mantenimiento preventivo, la empresa recupera entre 7 y 8 pesos en pérdidas evitadas.

### **Impacto en productividad y disponibilidad de equipos**

Bajo el esquema actual, la disponibilidad efectiva es:

$$\text{Disponibilidad actual} = \frac{7h \text{ productivas}}{8h \text{ totales}} = 87.5 \% \quad (10)$$

Con mantenimiento preventivo en hora de comida:

$$\text{Disponibilidad proyectada} = \frac{8h \text{ productivas}}{8h \text{ totales}} = 100 \% \quad (11)$$

En la práctica se estima una disponibilidad  $\geq 99\%$ , recuperando 15 celdas diarias o \$84,000 MXN mensuales.

### **Integración del mantenimiento preventivo al TPM**

El TPM (Nakajima, 1988) busca maximizar la eficiencia de los equipos mediante eliminación de pérdidas y participación activa del personal. Sus pilares —mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, mejora continua y educación— se integran al caso.



Formulas clave:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}} \quad (12)$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \quad (12)$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100 \quad (13)$$

$$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Caldiad} \quad (14)$$

Con TPM se incrementa MTBF, se reduce MTTR y mejora el OEE, pudiendo elevar la eficiencia hasta en 30 % (Universidad Privada del Norte, 2020).

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El mantenimiento correctivo genera pérdidas elevadas y afecta la confiabilidad del proceso. Mientras el esquema actual implica más de \$1 millón anual en pérdidas, el modelo de subcontratación preventiva cuesta solo \$135,200 MXN, reduciendo los gastos en 87 %. La contratación de planta es viable pero menos eficiente para cargas semanales reducidas. Desde la ingeniería industrial, la subcontratación semanal cumple los principios TPM, reduciendo desperdicios y tiempos muertos (Downtime) del Lean Manufacturing.

### Resultados esperados

Tras la implementación del esquema preventivo con enfoque TPM, se espera

- Disponibilidad operacional  $\geq 99\%$ .
- Reducción total de paros no programados.
- Producción recuperada: 75 celdas/semana (\$21,000/semana).
- Ahorro anual: \$937,000–\$956,000.
- Incremento en OEE: 5–12 %.
- Mayor seguridad y estabilidad de calidad.

## CONCLUSIONES

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el laboratorio de calidad representa un paso importante hacia la mejora del trabajo diario y del uso de los equipos. A lo largo de esta investigación se pudo comprobar que depender únicamente del mantenimiento correctivo genera muchos problemas, como retrasos, pérdidas de tiempo y un desgaste acelerado de las máquinas.



Por el contrario, aplicar un mantenimiento preventivo bien planeado ayuda a evitar estos contratiempos y mejora la eficiencia general de las actividades.

Durante el desarrollo del estudio se observó que el mantenimiento correctivo no solo genera costos más altos, sino que también afecta el ritmo de trabajo y la productividad del personal. En cambio, al aplicar los principios del TPM, se logró planificar las revisiones, limpiar y revisar los equipos de manera periódica, reduciendo los tiempos muertos y aumentando la disponibilidad de las máquinas. Los resultados mostraron que el mantenimiento preventivo requiere menos tiempo y recursos que el correctivo, lo que representa un ahorro importante para la empresa.

Otro aspecto importante que se identificó fue el cambio en la forma de trabajo. El TPM no se trata únicamente de reparar o revisar equipos, sino de involucrar a todos los que participan en el proceso. Al integrar a los operarios y técnicos en las actividades de mantenimiento, se fomenta la responsabilidad, el orden y el cuidado de los recursos. Esto ayuda a crear una cultura laboral más participativa y organizada, donde cada persona entiende la importancia de mantener los equipos en buen estado.

También se comprobó que al aplicar un plan de mantenimiento estructurado en las tres máquinas principales del laboratorio —el cargador, el descargador y la soldadora por puntos— se logró prevenir fallas que antes eran comunes. Estas acciones ayudaron a prolongar la vida útil de los equipos y a mejorar la calidad del trabajo realizado. Además, con la programación de tareas periódicas, fue posible anticiparse a posibles problemas antes de que se convirtieran en paros de producción.

En general, este trabajo demuestra que el mantenimiento no debe verse como un gasto, sino como una inversión. Implementar el TPM en el laboratorio de calidad no solo mejora la eficiencia y reduce los costos, sino que también fortalece el trabajo en equipo, la seguridad y la confiabilidad de los procesos. Para una empresa dedicada a la ecomovilidad, donde la innovación y la precisión son esenciales, contar con equipos bien mantenidos es clave para seguir creciendo y ofreciendo productos de calidad.

En conclusión, el TPM es más que una metodología: es una forma de trabajo que busca prevenir en lugar de corregir. Gracias a este proyecto, se comprobó que un mantenimiento preventivo bien organizado puede marcar la diferencia entre detener la producción por una falla o mantener un proceso continuo y eficiente. Adoptar esta filosofía representa un avance importante para el laboratorio y una oportunidad para seguir mejorando en el futuro.



## **Recomendaciones**

- Implementar de inmediato el esquema de subcontratación semanal como fase inicial del plan TPM.
- Diseñar checklists de mantenimiento autónomo para operarios.
- Registrar MTBF, MTTR y OEE con revisiones mensuales.
- Capacitar al personal en fundamentos TPM y seguridad eléctrica.
- Reevaluar en seis meses la carga de trabajo para valorar la contratación de planta

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Abdel Wahed, M., & Sharawi, A. A. (2010). Maintenance prediction of medical equipment using ARMA and LPC models. 5th Cairo International Biomedical Engineering Conference. IEEE.
- Al-Turki, U. M., Ayar, T., Yilbas, B. S., & Sahin, A. Z. (2014). Integrated maintenance planning in manufacturing systems. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06290-7>
- DataMéxico. (2025). Ingenieros eléctricos y técnicos eléctricos: salarios promedio trimestrales 2025. Secretaría de Economía.
- HomePro. (2025). Costos de reparaciones eléctricas profesionales en México. <https://www.homepro.mx>
- Implementación TPM - SPC Consulting Group. (2022, March 8). SPC Consulting Group.
- Indeed. (2025, septiembre). Sueldo de técnico/a en mantenimiento en México. <https://mx.indeed.com>
- Labaien, E., & Carrasco, G. (2009). Mantenimiento predictivo. Predictive Ingenieros S.L.
- Lu, X. (2015). Hierarchical maintenance policies based on two types of hazard rate functions. 2015 IEEE Conference Proceedings. IEEE.
- Ministerio de Salud. (1998). Diagnóstico del sistema de mantenimiento. Programa de Fortalecimiento de Servicios de Salud. Lima, Perú.
- Ministerio de Salud. (1998). Diagnóstico del sistema de mantenimiento. Programa de Fortalecimiento de Servicios de Salud. Lima, Perú.
- Nakagawa, T. (2008). Advanced reliability models and maintenance policies. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-294-4>
- Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Productivity Press.



Sanzol Iribarren, L. (2010). Implementación de plan de mantenimiento TPM en planta de cogeneración [Proyecto Fin de Carrera, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación]. Pamplona, España.

Stief, P., Dantan, J.-Y., Etienne, A., & Siadat, A. (2017). Log-based predictive maintenance in discrete parts manufacturing. Procedia CIRP. Elsevier.

Utilairsur. (s. f.). Herramientas industriales de mantenimiento. Utilairsur.

Varga, E. (2017). Unraveling software maintenance and evolution: Thinking outside the box. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-71303-8>

