

EDUCACIÓN SUPERIOR EN LA FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL MODERNO

HIGHER EDUCATION IN THE FUNCTION OF MODERN INDUSTRIAL MAINTENANCE

Felipe Pablo Siripe*

RESUMEN

¿Cuál debería ser la orientación del contenido cognitivo teórico-práctico para la enseñanza aprendizaje del mantenimiento industrial actualizado en los centros de estudio superiores a fines? Para responder a esta pregunta, se identifican procedimientos teórico-prácticos del mantenimiento industrial desde el totalmente correctivo, pasando por el preventivo hasta el actual y sofisticado mantenimiento predictivo. Resultando que la formación de recursos humanos al respecto, debe estimular una actitud positiva y reflexiva en general que los sitúe como sujetos de cambio permanente frente a la función mantenimiento y sus nuevas formas de actuación, adecuado la planificación, ejecución, y el control bajo criterios de eficacia y eficiencia; conociendo además la situación actual de la empresa industrial en la que se está trabajando.

PALABRAS CLAVES: Formación en Mantenimiento industrial predictivo de clase mundial, tratamiento de datos masivos condición de las máquinas y sensores para el uso en Internet de las cosas.

ABSTRACT

What should be the orientation of the theoretical-practical cognitive content for the teaching and learning of updated industrial maintenance in higher education? To answer this question, theoretical-practical procedures of industrial maintenance are identified, from the totally corrective, through the preventive to the current and predictive maintenance. It turns out that in accordance with the very particular characteristics of industrial companies, and the evolution that the way of proceeding with regard to industrial maintenance is acquiring. The training of human resources must seek that they acquire a positive and reflective attitude in general that places them as subjects of permanent change in relation to the maintenance function and its new ways of being executed, under criteria of effectiveness and efficiency; also knowing the current situation of the industrial company, in which they are working.

KEYWORDS: Training in world-class predictive industrial maintenance, processing of massive data on the condition of machines and sensors for use in the Internet of Things.

RESUMO

Qual deve ser a orientação do conteúdo cognitivo teórico-práctico para o ensino e aprendizagem da manutenção industrial atualizada no ensino superior? Para responder a esta questão, identificam-se procedimentos teórico-práticos da manutenção industrial, desde a totalmente corretiva, passando pela preventiva até a preditiva. Acontece que de acordo com as características muito particulares das empresas industriais, e a evolução que a forma de proceder no que se refere à manutenção industrial vai adquirindo. A formação dos recursos humanos deve buscar que adquiram uma atitude positiva e reflexiva em geral que os coloque como sujeitos de mudança permanente em relação à função manutenção e suas novas formas de execução, sob critérios de eficácia e eficiência; conhecendo também a situação atual da empresa industrial, na qual estão trabalhando.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção preditiva de classe mundial, processamento de dados massivos sobre o estado de máquinas e sensores para uso na Internet das Coisas.

History of the article: Received: 11/11/2024. Style review: 15/11/2024. Accepted: 29/11/2024).

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento industrial en la dimensión cognitiva, actualmente se constituye en parte de la gestión del conocimiento tecnológico, porque además de exigir habilidades y destrezas técnicas, también requiere darle sentido a la información, es decir, diferenciar y privilegiar entre lo que es y no es importante. Bajo este enfoque surge una pregunta:

- ¿Cuál debería ser la orientación del contenido cognitivo teórico-práctico para la enseñanza aprendizaje del mantenimiento industrial actualizado en los centros de estudio superiores a fines?

Pregunta que en lo posible se busca responder en el desarrollo del presente artículo.

DESARROLLO

El desarrollo que ha tenido el mantenimiento industrial desde la primera revolución industrial, muestra cambios significativos en su tratamiento teórico-práctico pasando desde el originario mantenimiento correctivo total, hasta el mantenimiento predictivo asistido principalmente por un despliegue de información tecnológica y administrativa relacionada con el mantenimiento que busca adelantarse en los hechos a la pérdida de funcionalidad parcial o total de las máquinas.

Bajo esta perspectiva en el cuadro 1 sección a, b, c y d se describe un resumen de innovaciones teórico-prácticas que se han ido incorporando a través del tiempo y que demuestran el continuo perfeccionamiento en la función del mantenimiento industrial que corresponde a las labores que se efectúan en una empresa industrial, por medio de la participación de trabajadores capacitados que efectuando un conjunto de operaciones de inspección, prevención y reparaciones necesarias

permiten que los activos (máquinas, equipos e instrumentos, etc.), puedan funcionar sin interrupciones durante su vida útil, evitando en lo posible gastos adicionales en accidentes además de pérdidas en insumos y energía.

Cuadro 1 sección a
Innovaciones teórico-prácticas función mantenimiento industrial.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

1840 –1945: La pérdida de funcionalidad parcial o total de las máquinas se trataba de manera correctiva, esto significaba que el mantenimiento se encargaba de reparar o sustituir los accesorios y partes de las máquinas cuando se presentaba un determinado problema.

1945–1950: Disminuye la incidencia del mantenimiento correctivo y se trata la función del mantenimiento en la empresa industrial, a través de los programas sistemáticos siguientes:

a) Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance TPM, Japón).

b) Análisis de causa raíz, (Root Cause analysis RCA, Japón) derivado del análisis causa-efecto muy utilizado en programas de mejoramiento de la calidad manufacturera.

1950–1960: Se incorporan en los programas de mantenimiento, inspecciones regulares para prevenir la pérdida de funcionalidad parcial o total de las máquinas. Acción de mantenimiento que aumentó la confianza en el servicio casi ininterrumpido de las máquinas, sin embargo aún se presentaron oportunidades para mejorar la función mantenimiento.

1970 en adelante:

La inclusión y uso del software CMMS (Computerized Maintenance Management System) permitió a las empresas industriales organizar, planificar, gestionar y seguir las actividades del mantenimiento preventivo industrial con mayor efectividad y eficiencia.

Fuente: Elaboración propia sobre información de [1], [2]

Cuadro 1 sección b

Innovaciones teórico-prácticas que se han incorporado en la función del mantenimiento industrial

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	1980: Inclusión de dos programas de mejores prácticas del mantenimiento (Best Practices Maintenance BPM). 1) Mantenimiento centrado en la confiabilidad (Reliability-Centered Maintenance RCM) orientado a evaluar riesgos y consecuencias de la pérdida de funcionalidad de las máquinas. 2) Mantenimiento basado en la condición (Condition Based Maintenance CBM) orientado a introducir sensores y datos de tiempo real para evaluar la condición de las máquinas. 1990 en adelante: Introducción de normas: permite a las empresas adoptar sistemas de gestión de calidad y mantenimiento preventivo, ejemplo de algunas: 1) ISO 55000 – 55001 normas y requisitos, 55002 aplicación 55001, normas sobre gestión de activos. 2) ISO 14224 datos de confiabilidad del mantenimiento de máquinas. ISO 13374 monitoreo de condición y diagnóstico de máquinas. ISO13381 control Monitoreo de condición y diagnóstico de máquinas. 3) MIMOSA, estándares de información abierta. Tiene un estándar detallado de las normas ISO 13374 (modelo OSA-CBM), que se debe conocer en profundidad para poder mejorar la eficiencia de la función mantenimiento. MIMOSA puede utilizar estándares para garantizar la interoperabilidad entre diferentes conjuntos de datos de mantenimiento (derivados de diferentes sistemas y sensores) y facilitar el intercambio de información entre las partes interesadas. 4) ANSI TAPPI TIP 0305 34:2008 listas de comprobación para el mantenimiento diario, semanal y mensual. 5) IICRA, Industrial Internet Consortium Reference Architecture Aprovecha las tecnologías emergentes de Internet de las cosas (IoT) y Big Data.

Fuente: Elaboración propia sobre información de [1], [2], [3]

Cuadro 1 sección c

Innovaciones teórico-prácticas que se han incorporado en la función del mantenimiento industrial

MANTENIMIENTO PREDICTIVO	1990 Inicio del mantenimiento productivo: Tanto el apoyo de los sensores en los procesos industriales y los sistemas informáticos para el análisis de datos, posibilitaron aplicar procedimientos de mantenimiento en las empresas a través del monitoreo del estado de su maquinaria (activos) en tiempo real. 2000 Internet de las cosas (IoT) y sensores: Promotores de esta nueva forma de comunicación son los chips de ordenador de costo bajo y las telecomunicaciones de gran ancho de banda, conectando un gran número de dispositivos a Internet, red colectiva que facilita la conexión entre los dispositivos de comunicación y las máquinas que al utilizar sensores para recopilar datos y responder de forma inteligente a través del tratamiento de éstos en tiempo real, permite controlar las máquinas. Cambio significativo que: a) Controla las señales de las máquinas: por acción de los sensores y procedimientos de recolección de datos sobre temperatura, vibración, rozamiento, lubricación, desgaste, etc. b) Analiza los datos: A través de algoritmos especializados para detectar anomalías, patrones y signos tempranos en la pérdida de funcionalidad parcial o total de las máquinas. 2010 analítica de grandes datos: El análisis de datos y el aprendizaje automático como elementos integrales del mantenimiento predictivo basado en el tratamiento de la información. Al procesar gran cantidad de datos proporciona predicciones más fidedignas sobre la pérdida de funcionalidad de las máquinas. El mantenimiento predictivo basado en el monitoreo de la información también se relaciona con las alertas predictivas que al detectar un posible problema; advierte, haciendo que la función mantenimiento pueda intervenir en lo posible, antes de que ocurra la pérdida parcial o total de funcionalidad de las máquinas.

Fuente: Elaboración propia sobre información de [1], [4]

Cuadro 1 sección d

Innovaciones teórico-prácticas que se han incorporado en la función del mantenimiento industrial

MANTENIMIENTO PREDICTIVO ACTUAL	El mantenimiento y su función en la empresa industrial, ha permitido adquirir un marco cognoscitivo que identifica aspectos estándar donde tiene importante influencia: Gestión de activos: Las máquinas y equipos al estar bajo control del mantenimiento predictivo alcanzan su tiempo de vida útil rutinario, y son reemplazados oportunamente sin contratiempos para las empresas. Tiempo de parada de máquina (s): Minimiza el tiempo de inactividad no planificado al encontrar problemas antes de que se vuelvan críticos. Asegura la disponibilidad de máquinas y equipos, cuando se las necesita para la producción. Reducción de costos: Privilegia la inversión del mantenimiento en los sectores donde es más importante; reduciendo gastos de mantenimiento no urgentes, además de evitar en lo posible reparaciones correctivas o preventivas de emergencia. Garantía de seguridad: Mejora las condiciones de trabajo y reduce la eventualidad de paradas de máquina repentinas y potenciales accidentes relacionados con éstas, especialmente sobre los operarios y las instalaciones industriales. Eficiencia en el trabajo: Permite optimizar el rendimiento del trabajo de máquina además de mejorar el rendimiento del trabajo productivo y laboral. Ahorro de recursos, insumos y energía: Controla y reduce el consumo en exceso de todos los recursos productivos de las empresas sobre los cuales el mantenimiento industrial tiene influencia.
	La cuarta revolución industrial caracterizada desde 2000 Por: la automatización en general, el control programable (Microchips, PLC, etc.), la inteligencia artificial (información – análisis de datos) en conexión total entre máquinas y sistemas (sensores e Internet de las cosas). Permite establecer las bases de la función mantenimiento para una gestión industrial futura eficaz eficiente y proactiva.

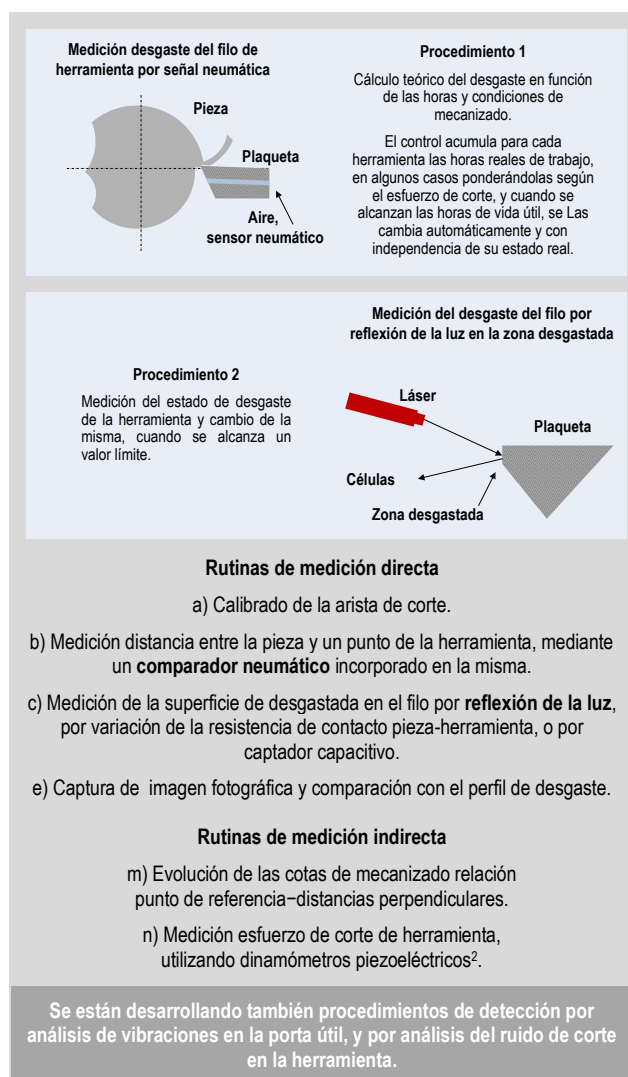
Fuente: Elaboración propia sobre información de [1], [4]

Las cuatro etapas del mantenimiento presentadas en el cuadro 1 con las innovaciones teórico-práctico correspondientes, muestran la evolución producida en esta función que desde evaluar y presenciar un hecho concreto de pérdida de funcionalidad parcial o total de las máquinas¹ y proceder a su reparación consumiendo recursos del proceso productivo. Ahora con el análisis de datos relacionados a variables de condición (estado) de

¹ Principalmente mano de obra directa, materiales de reemplazo, tiempos de parada y su efecto en la producción y economía de la empresa.

las máquinas, éstas, envían señales de propiedades ópticas, eléctricas, mecánicas, neumáticas, etc. a los sensores que en conexión con los sistemas de asistencia computarizada representan esta información permitiendo adelantarse a la pérdida de funcionalidad, efectuando las acciones necesarias que en muchos casos requieren menor consumo de recursos productivos, y/o son automatizadas especialmente en las máquinas de última generación.

En la figura 1, se describen procedimientos de captura de información sensor-CMMS para el mantenimiento (reemplazo de plaqueta) por desgaste de filo en una máquina herramienta.



Fuente: Elaboración propia sobre información de [5].

Figura 1: Procedimientos de captura de información sensor-CMMS para el mantenimiento (reemplazo de plaqueta) por desgaste de filo en una máquina herramienta

Rutinas de medición y actuación similares o más sofisticadas que las descritas en la figura 1, destacan como ejemplos puntuales de mantenimiento industrial de vanguardia a nivel mundial. Sin embargo, en el entramado industrial de cada país o localidad geográfica más pequeña, factores como:

1. La diferenciación de modelo de máquinas, equipos e instrumentos,
2. El tiempo de uso de las máquinas y equipos,
3. Los procedimientos interpuestos para el reemplazo de piezas y accesorios,
4. La intensidad en mano de obra (cuadrillas de inspección preventiva y de reparaciones),
5. El tamaño de las empresas industriales establece limitaciones en su aplicación, mezclándose en la mayoría de los casos entre el mantenimiento estrictamente correctivo, el preventivo y el predictivo actual.

Hacen que las políticas empresariales respecto a la función del mantenimiento entendiéndose esta, como: - las labores que corresponden realizar en una empresa industrial, a través del trabajo de personal capacitado que efectuando un conjunto de operaciones de inspección y reparaciones necesarias permiten que las máquinas, equipos e instrumentos, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente durante su vida útil -. Se efectúen de manera diferente y muy particular en cada empresa, aun considerando la conceptualización de esta función, si bien el objetivo es común, los resultados en cuanto a las acciones tienen diferentes niveles de efectividad³ y eficiencia⁴.

En consecuencia, identificado el centro de acción (empresa industrial) y el objeto de análisis (función mantenimiento en las dimensiones del efectividad y eficiencia), el tercer componente corresponde al personal capacitado que se hace responsable de llevar adelante esta función.

CONCLUSIONES

Volviendo a la pregunta:

- ¿Cuál debería ser la orientación del contenido cognitivo teórico-práctico para la enseñanza aprendizaje del mantenimiento industrial actualizado en los centros de estudio superiores afines?

La respuesta involucra que en los centros de estudios superiores afines, considerando las características tan particulares de las empresas industriales, y la evolución que está adquiriendo la forma de proceder frente al mantenimiento industrial. La formación de recursos humanos busque desarrollar en estos una actitud positiva y reflexiva en general que lo sitúa como un sujeto de cambio permanente frente a la función mantenimiento y sus nuevas formas de ejecutarse, adecuado la planificación, ejecución, y el control bajo criterios de eficacia y eficiencia; conociendo además la situación actual de la empresa industrial en la que está trabajando. Por lo tanto los lineamientos para la formación deberían considerar los siguientes lineamientos básicos:

1) Elementos motivacionales de la formación:

- **Actitud:** Predisposición de la persona, a expresarse y actuar con eficacia.
- **Aptitud:** Capacidad para operar competentemente en una determinada actividad.

³ Capacidad para lograr el efecto que se desea o se espera al resolver un determinado problema.

⁴ Planificación, ejecución y control de los recursos utilizados para conseguir un efecto determinado.

² Mide la fuerza ejercida sobre una pastilla semiconductor, convirtiendo el esfuerzo en una señal eléctrica (voltaje).

2) Objetivo de la formación:

- Recursos humanos dotados con la suficiente actitud y aptitud para hacer crecer positivamente la función del mantenimiento industrial en la empresa.

3) Cómo lograr este objetivo:

Aplicando conocimientos teórico-prácticos: relacionados con lo indicado en el cuadro 1 sección d

- Gestión de activos,
- Organización tiempos y movimientos (s),
- Reducción de costos,
- Garantía de seguridad, confiabilidad y control de calidad,
- Mejoramiento rendimiento de la producción,
- Administración por objetivos, Ahorro de recursos, insumos y energía,
- Administración tecnológica del mantenimiento actual: Control numérico, automatización, señalética y comunicación de sistemas computacionales Electrónica del microchip, PLC's,
- CMMS, ciencia de los datos, Internet de las cosas y Aplicaciones de inteligencia artificial.

4) Procedimientos para el desarrollo cognitivo y criterios de evaluación sobre indicadores de aptitudes y actitudes:

- Proyectos aplicativos,
- Prácticas de campo,
- Aplicaciones de adecuación y/o innovación de mantenimiento industrial preventivo y predictivo en la empresa industrial.

5) Formato académico:

- Curso de especialización con una duración de cuatro semestres

Sobre estos lineamientos generales los centros de estudios superiores especialmente del área de mecánica, automatización, producción industrial, pueden perfeccionar propuestas académicas para impartir un conocimiento actualizado de la función mantenimiento industrial en sus tareas ya sean correctivas, preventivas y/o predictivas.

Referencias bibliográficas:

- [1] Toro, R., 2023, Mantenimiento un legado de innovaciones a lo largo de las décadas <https://www.fraccttal.com> > blog. Consulta:
- [2] Arocha, D. A., 2020, cinco normas imprescindibles para una gestión eficaz del mantenimiento industrial : <https://es.linkedin.com/pulse/5-n...> Consulta:
- [3] Rosales, J., 2023, Normas ISO importantes en la gestión del mantenimiento <https://www.fraccttal.com> > blog. Consulta:
- [4] <https://Ovacen.com/internet-de-las-cosas> Consulta:
- [5] Ferré, M. R., 1988 La fábrica flexible, Serie Productiva nº 9, Ed. Macompo, pp. 60-61, Barcelona-España.

(*): Coordinador Postgrado. Diplomado PEA
Educación Superior y Retos del Futuro,
Facultad de Tecnología-UMSA.