

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“Optimización del mantenimiento preventivo y correctivo de sistemas de aire acondicionado para incrementar la satisfacción del cliente en JD Refrigeración, Lima 2024”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional
de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Manuel Rojas Valdivia

Lisandro Javier Madrid Laos

Asesor:

Ing. Mg. Roberto Juan Tejada Ruiz
Código ORCID: 0000-0003-3669-836X

Lima - Perú

2024

INFORME DE SIMILITUD



Página 2 of 104 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trnoid::1-3130329047

13% Similitud general

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




Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 8%  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 nuestros padres, por sembrar en nosotros la semilla del conocimiento y cultivar nuestro espíritu de superación. A nuestras familias, por ser el sol que iluminó nuestro camino y el viento que impulsó nuestras velas. Este trabajo de suficiencia profesional es un homenaje a su amor y dedicación."

AGRADECIMIENTO

"Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a Dios, fuente de toda sabiduría y fortaleza, por guiarnos en la culminación de este trabajo. A nuestro asesor, Ing. Mg. Roberto Tejada, por sus valiosos consejos, dedicación y paciencia, que fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación. A los docentes de la Universidad Privada del Norte, por compartir sus conocimientos y cultivar en nosotros el espíritu crítico e investigativo durante nuestra formación académica."

ÍNDICE DE CONTENIDO

INFORME DE SIMILITUD	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN EJECUTIVO.....	8
ABSTRACT	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	19
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	46
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	75
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS	88
ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Comparación de tipos de mantenimiento industrial</i>	28
Tabla 2 <i>Elementos comunes del historial de máquina</i>	30
Tabla 3 <i>Importancia de las Estrategias de Mantenimiento</i>	31
Tabla 4 <i>Criterios de Evaluación para Análisis de Criticidad</i>	38
Tabla 5 <i>Valores de consecuencia</i>	40
Tabla 6 <i>Nivel de probabilidad</i>	40
Tabla 7 <i>Beneficios de la implementación del RCM</i>	43
Tabla 8 <i>Procedimientos</i>	50
Tabla 9 <i>Diagrama de Pareto Causas de la Insatisfacción del Cliente</i>	53
Tabla 10 <i>Árbol de decisión</i>	55
Tabla 11 <i>Enfoques y métodos propuestos para abordar las causas raíz del problema</i>	56
Tabla 12 <i>Inversión Propuesta por Áreas de Mejora (en soles)</i>	60
Tabla 13 <i>MTBF (Tiempo Medio Entre Fallos) antes de la mejora</i>	63
Tabla 14 <i>MTTR (Tiempo Medio de Reparación) antes de la mejora</i>	64
Tabla 15 <i>Confiabilidad antes de la mejora</i>	64
Tabla 16 <i>Análisis de Criticidad antes de la mejora</i>	64
Tabla 17 <i>Formato de registro de mantenimiento</i>	66
Tabla 18 <i>MTBF de cada equipo</i>	67
Tabla 19 <i>MTTR para cada tipo de equipo</i>	67
Tabla 20 <i>Matriz de criticidad: Clasificación de los equipos en función de su criticidad</i>	69
Tabla 21 <i>Inspección de Balanceo</i>	70
Tabla 22 <i>Procedimiento de Balanceo de Sistemas de Aire Acondicionado</i>	70
Tabla 23 <i>Material Educativo sobre Balanceo de Sistemas de Aire Acondicionado</i>	71
Tabla 24 <i>Registro de Instalación</i>	72
Tabla 25 <i>Split Daikin, Lennox, y Samsung</i>	76
Tabla 26 <i>Estudio Pre</i>	78
Tabla 27 <i>Estudio Post</i>	79
Tabla 28 <i>Fórmulas utilizadas</i>	80
Tabla 29 <i>Análisis de criticidad del pre y el post</i>	81
Tabla 30 <i>Factibilidad Económica del Plan de Mantenimiento</i>	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Organigrama de la empresa</i>	11
Figura 2 <i>Instalación de aires acondicionados</i>	12
Figura 3 <i>Mantenimiento preventivo y correctivo de sistemas de refrigeración</i>	12
Figura 4 <i>Ductos y sistemas instalados</i>	13
Figura 5 <i>Presurización de seguridad</i>	13
Figura 6 <i>Asesoría técnica especializada</i>	14
Figura 7 <i>Ejemplo de Modelo de orden de trabajo de mantenimiento</i>	29
Figura 8 <i>Matriz de Criticidad</i>	39
Figura 9 <i>Ejemplo de los Criterios del Análisis de Causa Raíz</i>	44
Figura 10 <i>Ejemplo de Partes del Diagrama de Ishikawa</i>	45
Figura 11 <i>Árbol de problemas</i>	45
Figura 12 <i>Diagrama de Ishikawa</i>	52
Figura 13 <i>Gráfico de Pareto</i>	54
Figura 14 <i>Falta de procesos no estandarizados: Suciedad acumulada en los componentes internos del aire acondicionado</i>	57
Figura 15 <i>Carencia de herramientas y equipos adecuados: Cubierta frontal de plástico de un aire acondicionado tipo Split, junto con los filtros de aire</i>	58
Figura 16 <i>Falta de capacitación: deflector de aire o rejilla de salida</i>	59
Figura 17 <i>Insuficiente capacitación del personal técnico: filtros, probablemente de aire o de ventilación</i>	59

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo se centró en la optimización del mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de aire acondicionado en JD Refrigeración, con el objetivo de incrementar la satisfacción del cliente durante el año 2024. A partir de un diagnóstico inicial, se identificaron variaciones significativas en indicadores clave como la disponibilidad, confiabilidad, tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio de reparación (MTTR) de los equipos analizados. Se determinó que el sistema Lennox tenía el mayor MTBF, alcanzando 1,900 horas, pero presentaba un MTTR elevado de 271.43 horas, lo que afectaba la continuidad del servicio. En contraste, Daikin y Samsung mostraron tiempos de reparación más cortos, oscilando entre 36.67 y 66.67 horas, lo que favoreció una mayor disponibilidad operativa. Para abordar estas problemáticas, se realizó un análisis de criticidad que permitió priorizar los equipos críticos y optimizar los procesos de mantenimiento. Las mejoras implementadas resultaron en un incremento en los indicadores técnicos y en la satisfacción del cliente. El análisis económico demostró que las inversiones en estas mejoras eran sostenibles a largo plazo. Con un Valor Actual Neto (VAN) total de S/. 172,567.50 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 22.5%, el proyecto no solo es viable, sino que también ofrece un retorno atractivo sobre la inversión inicial de S/. 150,000. Los resultados reflejan un servicio más eficiente, lo que ha incrementado la confianza de los clientes en la fiabilidad y rendimiento de los sistemas de aire acondicionado, estas acciones realizadas han establecido una base sólida para futuras mejoras y han reforzado el compromiso continuo con la calidad del servicio en JD Refrigeración.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, MTBF, MTTR, sistemas de aire acondicionado, satisfacción del cliente.

ABSTRACT

This work focused on the optimization of preventive and corrective maintenance of air conditioning systems in JD Refrigeration, with the objective of increasing customer satisfaction during the year 2024. From an initial diagnosis, significant variations were identified in key indicators such as availability, reliability, mean time between failures (MTBF) and mean time to repair (MTTR) of the analyzed equipment. The Lennox system was found to have the highest MTBF, reaching 1,900 hours, but had a high MTTR of 271.43 hours, which affected service continuity. In contrast, Daikin and Samsung showed shorter repair times, ranging between 36.67 and 66.67 hours, which favored higher operational availability. To address these issues, a criticality analysis was performed to prioritize critical equipment and optimize maintenance processes. The improvements implemented resulted in an increase in technical indicators and customer satisfaction. The economic analysis showed that investments in these improvements were sustainable in the long term. With a total Net Present Value (NPV) of S/. 172,567.50 and an Internal Rate of Return (IRR) of 22.5%, the project is not only viable, but also offers an attractive return on the initial investment of S/. 150,000. The results reflect a more efficient service, which has increased customer confidence.

Key words: Preventive maintenance, MTBF, MTTR, air conditioning systems, customer satisfaction.

NOTA

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto** por determinación de los propios autores, en concordancia con en el Texto Integrado del Reglamento RENATI (artículo 12), la Directiva N° 004-2016-CONCYTEC-DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, así como la Ley N° 29733, Ley de Protección de Datos Personales.

REFERENCIAS

- Afram, A., Janabi-sharifi, F., Fung, A. S., & Raahemifar, K. (2017). Artificial neural network (ANN) based model predictive control (MPC) and optimization of HVAC systems : A state of the art review and case study of a residential HVAC system. *Energy and Buildings*, 141, 96–113. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778816310799>
- Aldas T., R. A. & G. (2022). *Estudio de la estandarización del proceso de carga de producto terminado en centro de distribución. Cienciamatria.* <https://doi.org/doi.org/10.35381/cm.v8i15.821>
- Alvarez, J., & Berrios, S. (2022). Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la satisfacción del cliente de la empresa Qori Exports S.R.L., Arequipa 2022. In *Google Academico.* <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/136796>
- Arratia, C., Arrellano, B., Orrego, G., Romo, G., & Venegas, I. (2023). Las nuevas tendencias del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) - actualidad y futuro del RCM. *Universidad Técnica Federico Santa María, December.* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20162.56004>
- Burgasí, D., Cobo, D., Pérez, K., Pilacuan, R., & Rocha, M. (2021). El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación. *Tambara*, 84, 1212–1230. chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf
- Campos-López, O., & Tolentino-Eslava, G. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 23, 51–59. <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>
- Cárdenas, F., & Garfias, J. (2019). *ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE INGENIERIA PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN EMPRESAS*

DE SERVICIO EN LATINOAMERICA EN LOS ULTIMOS 10 AÑOS”: una revisión de la
literatura científica.

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_5230b868e11121f611070f15fd7a5589

Cassano, B. (2020). *8 KPIs for Maintenance Management + Free Maintenance Ebook*. Tractian. <https://tractian.com/en/blog/8-essential-indicators-for-maintenance-management>

Cavalcanti, F., Herrera, C., & Ortíz, R. (2021). *Plan estratégico para grupo cala s.a.c. 2020 - 2023*. <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/20.500.14005/11897>

Fractal. (2020). *5 indicadores clave en el departamento de mantenimiento*. FRACTTAL Tech S.L. <https://www.fractal.com/es/guias-mantenimiento/indicadores-de-mantenimiento>

García, S. (2019). Indicadores en mantenimiento. *Mantenimiento Mundial*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://www.mantenimientomundial.net/notas/indicadores-en-mantenimiento.pdf>

Gasca, M. C., Camargo, L. L., & Medina, B. (2017). Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. *Informacion Tecnologica*, 28(4), 111–124. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400014>

González-Muñoz, S., Sánchez-Padilla, L., & Hernández-Benítez, R. (2023). Árbol De Problemas Como Base En La Investigación. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de La Salud Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo*, 12(23), 125–129. <https://doi.org/10.29057/icsa.v12i23.11153>

González, J., & Ávila, E. (2023). Análisis de criticidad para el mantenimiento en equipos de soldadura en una Universidad Mexicana. *Revista Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*, 8(30), 43–60. <https://doi.org/10.54139/riiant.v8i30.480>

Hallioui, A., Herrou, B., Katina, P. F., Santos, R. S., Egbue, O., Jasiulewicz-Kaczmarek, M.,

- Soares, J. M., & Marques, P. C. (2023). A Review of Sustainable Total Productive Maintenance (STPM). In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 15, Issue 16). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/su151612362>
- Heizer, J., & Render, B. (2020). *Principios de Administración de Operaciones* (Adaptacio).
https://www.academia.edu/43309545/Principios_de_Administracion_de_Operaciones_7ma_ed_Jay_Heizer_Barry_Render
- Herrera-Sánchez, G., Morán-Bravo, L. del C., Gallardo-Navarro, J., & Silva-Juárez, A. (2020). Gestión del mantenimiento y la industria 4.0. *Revista de Ingeniería Innovativa*, 4(15), 18–28. <https://doi.org/10.35429/joie.2020.15.4.18.28>
- Iberico Robles, A. J., & Figueroa Grados, O. E. (2019). Diagnóstico de fallas, por mantenimiento predictivo, para optimizar el servicio post venta de maquinaria pesada Volvo, en una empresa Concesionaria Automotriz. In *Trujillo-Perú*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35087>
- Kimera, D., & Nangolo, F. N. (2022). Reliability maintenance aspects of deck machinery for ageing/aged fishing vessels. *Journal of Marine Engineering and Technology*, 21(2), 100–110. <https://doi.org/10.1080/20464177.2019.1663595>
- Llanos, O. (2019). *Gestión de mantenimiento preventivo y control de calidad de los equipos electromecánicos para optimizar los costos operacionales en la empresa IMSERCO, Jesús María, 2019*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58208>
- Mejía, R. (2019). *PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM), PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.* 1–76.
<http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/657>
- Monzón, A. (2022). *Propuesta de Mejora en la Gestión de la Cadena de Suministros para*

Reducir los Costos Operativos de la empresa San Francisco Perú Minería y Construcción S.A.C.

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UIGV_60016b894295fb5e5ca17df2e47e984e

Navarro, J. (2022). *Situación económica en el Perú*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://economia.unmsm.edu.pe/data/public_dia/CAREP_N12-9.pdf

Riesco, D., Flores, S., & Berón, M. (2020). *ANÁLISIS Y RESOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS*. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/144326>

Robbins, S. P., & Coulter, M. (2014). *Administración* (Administra). <https://es.slideshare.net/AngelArielGalvezFern/libro-administracion-robbins-coulter-12a-edic-2014pdf>

Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 3(April), 192–204. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.006>

Suazo, L. (2022). *Reduce las fallas con estos indicadores de mantenimiento*. TRACTIAN. <https://traction.com/es/blog/mtbf-y-mttr-que-son-y-como-calcularlos>