

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD OPERATIVA EN VEHÍCULOS LIGEROS DE LA EMPRESA WIGO MOTORS, 2022”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Leoncio Benjamín Tafur Joaquín

Asesor:

Ing. César Enrique Delzo Esteban

<https://orcid.org/0000-0003-4053-5993>

Lima - Perú

2022

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN EJECUTIVO.....	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Misión, visión y organización	14
1.2 Funciones del área o del departamento	15
1.3 Realidad problemática	16
1.4 Formulación del problema	30
1.5 Justificación	31
1.6 Objetivos de investigación.....	32
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	33
2.1. Antecedentes.....	33
2.2. Bases teóricas	40
2.3. Definición de términos básicos.....	59
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	62

CAPÍTULO IV. RESULTADOS	123
4.1 Variable dependiente: Disponibilidad operativa	123
4.2. Prueba de hipótesis	126
4.3. Tiempo medio entre fallas (MTBF)	126
4.4. Tiempo medio para reparaciones (MTTR)	130
4.5. Disponibilidad	133
4.6. Discusión de resultados	136
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	140
5.1. Conclusiones	140
5.2. Recomendaciones	141
REFERENCIAS	142
ANEXOS	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos de la empresa	13
Tabla 2 Impacto de causas sobre el problema central.....	22
Tabla 3 Matriz 5W.....	28
Tabla 4 Fases del análisis modal de fallas y efectos.....	48
Tabla 5 Clasificación del número de prioridad de riesgo.....	52
Tabla 6 Escala de preferencias para la selección de alternativas.....	65
Tabla 7 Comparación de criterios para la selección de alternativas	66
Tabla 8 Elección de alternativa adecuada	66
Tabla 9 Evolución del RCM previo	68
Tabla 10 evolución previo	70
Tabla 11 Diagrama de Gantt.....	76
Tabla 12 Formato de control de auditoria	79
Tabla 13 Evidencia del cambio de escenarios en la gestión del área.....	80
Tabla 14 Programa de capacitaciones.....	81
Tabla 15 Programa de capacitaciones.....	83
Tabla 16 Análisis de frecuencia de fallos.....	85
Tabla 17 Análisis del nivel de prioridad de riesgo de fallos	87
Tabla 18 Ficha AMEF	90
Tabla 19 Hoja de decisión RCM	95
Tabla 20 Formato de ficha para mantenimiento.....	98
Tabla 21 Formato de identificación de fallas.....	99
Tabla 22 Modelo de programa anual de mantenimiento preventivo	103

Tabla 23	<i>Cronograma de auditorías</i>	110
Tabla 24	<i>Evolución del RCM total</i>	113
Tabla 25	<i>Evolución de la disponibilidad</i>	115
Tabla 26	<i>Costos de implementación</i>	119
Tabla 27	<i>Flujo de caja</i>	120
Tabla 28	<i>Indicadores financieros</i>	121
Tabla 29	<i>Análisis de la normalidad del MTBF</i>	127
Tabla 30	<i>Estadísticos de muestras emparejadas para el MTBF</i>	128
Tabla 31	<i>Estadísticos de la prueba T de Student para el MTBF</i>	129
Tabla 32	<i>Análisis de la normalidad del MTTR</i>	130
Tabla 33	<i>Estadísticos de muestras emparejadas para el MTTR</i>	131
Tabla 34	<i>Estadísticos de la prueba T de Student para el MTTR</i>	132
Tabla 35	<i>Análisis de la normalidad de la disponibilidad</i>	133
Tabla 36	<i>Estadísticos de muestras emparejadas para la disponibilidad</i>	134
Tabla 37	<i>Estadísticos de la prueba T de Student para la disponibilidad</i>	135
Tabla 38	<i>Comparación de escenarios de la metodología RCM</i>	166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación de la empresa</i> _____	14
Figura 2 <i>Organigrama de la empresa</i> _____	15
Figura 3 <i>Diagrama de Ishikawa</i> _____	20
Figura 4 <i>Diagrama de Pareto</i> _____	23
Figura 5 <i>Árbol de problemas</i> _____	24
Figura 6 <i>Árbol de objetivos</i> _____	26
Figura 7 <i>Procesos para el mantenimiento centrado en la confiabilidad</i> _____	41
Figura 8 <i>Implementación de la metodología RCM</i> _____	44
Figura 9 <i>Gestión del mantenimiento</i> _____	50
Figura 10 <i>Reparto de los tiempos en sistemas</i> _____	56
Figura 11 <i>Evolución del RCM en el escenario previo</i> _____	69
Figura 12 <i>Evolución del tiempo medio entre fallas previo (expresado en horas)</i> _____	71
Figura 13 <i>Evolución del tiempo medio para reparaciones previo (expresado en horas)</i> _____	72
Figura 14 <i>Evolución de la disponibilidad previa</i> _____	73
Figura 15 <i>Formulario de limpieza y orden en el área</i> _____	77
Figura 16 <i>Elementos encontrados en limpieza general</i> _____	78
Figura 17 <i>Evidencia de capacitaciones</i> _____	84
Figura 18 <i>Diagrama de Pareto de frecuencia de fallos</i> _____	86
Figura 19 <i>Diagrama del nivel de prioridad de riesgo de fallos</i> _____	88
Figura 20 <i>Evidencia del análisis modal de fallas y efectos</i> _____	93
Figura 21 <i>Formato de solicitud de mantenimiento</i> _____	96
Figura 22 <i>Modelo de orden de recepción de vehículo</i> _____	97

Figura 23	<i>Hoja informativa del cliente de mantenimiento periódico</i>	100
Figura 24	<i>Evidencia de la aplicación de la metodología RCM</i>	104
Figura 25	<i>Cartillas de control de mantenimiento</i>	106
Figura 26	<i>Formato interno de control de trabajos de mantenimiento correctivo</i>	107
Figura 27	<i>Formato de inspección</i>	108
Figura 28	<i>Evidencia de las supervisiones</i>	111
Figura 29	<i>Evolución del RCM en el escenario total</i>	114
Figura 30	<i>Evolución del tiempo medio entre fallas total (expresado en horas)</i>	116
Figura 31	<i>Evolución del tiempo medio para reparaciones total (expresado en horas)</i>	117
Figura 32	<i>Comparación de escenarios del tiempo medio entre fallas</i>	123
Figura 33	<i>Comparación de escenarios del tiempo medio para reparaciones</i>	124
Figura 34	<i>Comparación de escenarios de la disponibilidad</i>	125

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Cálculo de la confiabilidad del proceso (CP)	51
Ecuación 2 Cálculo de las tareas de mantenimiento (TM)	52
Ecuación 3 Cálculo del número de prioridad de riesgo (NPR)	52
Ecuación 4 Cálculo de la disponibilidad	55
Ecuación 5 Cálculo de tiempo medio entre fallas (MTBF)	58
Ecuación 6 Cálculo de tiempo medio para reparaciones (MTTR)	58

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación se realizó con el objetivo de determinar en qué medida se incrementa la disponibilidad operativa en vehículos ligeros al realizar el mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa de autos Wigo Motors, 2022; para ello fue necesario conocer los indicadores del tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio para reparaciones (MTTR). La investigación cuenta con una metodología de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo y de diseño experimental; la muestra se tomó en 25 vehículos.

La problemática indicó que los problemas más graves se relacionan al motor y transmisión, neumáticos, fugas en líneas de combustible, pastillas y zapatas de los vehículos. El planteamiento de cambios se basó en la gestión del área de trabajo, las capacitaciones, el análisis AMEF, la implementación del RCM y los controles complementarios en el sistema. Se concluye que el mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementa la disponibilidad, dado que la media del escenario previo (90.9%) fue inferior al posterior (97.1%); adicionalmente, se determinó una significancia del cambio de $0.001 < 0.05$. Por último, se obtuvo una viabilidad económica expresada en VAN de S/ 25,103 soles, TIR de 36.35% y beneficio – costo de 2.35.

Palabras clave: Disponibilidad; mantenimiento, RCM, MTTR, MTBF, AMEF.

ABSTRACT

The research was carried out with the objective of determining to what extent the operational availability in light vehicles is increased when performing maintenance focused on reliability in the car company Wigo Motors, 2022; For this, it was necessary to know the indicators of the mean time between failures (MTBF) and mean time to repair (MTTR). The research has an applied methodology, quantitative approach, descriptive level and experimental design; the sample was taken in 25 vehicles.

The problem indicated that the most serious problems are related to the engine and transmission, tires, leaks in fuel lines or pipes, pills and shoes of the vehicles. The approach to changes was based on the management of the work area, the training, the AMEF analysis, the implementation of the RCM and the complementary controls in the system. It is concluded that reliability-focused maintenance increases availability, since the mean of the previous scenario (90.9%) was lower than the later one (97.1%); additionally, a significance change of $0.001 < 0.05$ was determined. Finally, an economic viability expressed in NPV of S/ 25,103 soles, IRR of 36.35% and benefit - cost of 2.35, was obtained.

Keywords: Availability; maintenance, RCM, MTTR, MTBF, AMEF.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

REFERENCIAS

- Andrade, C., & Herrera, M. (2021). Análisis de la situación actual del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación* 4 (8), 2-18. <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8.0021>.
- Arteaga Bazurto, L., & Gorozabel Chata, F. (2021). Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad a maquinarias críticas de la Plaza Calderon. *Universidad y Ciencia*, 202-216.
- Ayala, S. (2020). *Fortalecimiento del pilar de mantenimiento planeado en las actividades de paso 1 en la empresa ALICO S.A.* Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Caballero Gonzáles, C., & Clavero García, J. (2016). *UF1466 - Sistemas de almacenamiento*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Campos, O., Tolentino, G., Toledo, M., & Tolentino, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Revista Científica del Instituto Politécnico Nacional Vol 23 N° 1*, 2-16. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/61458265006.pdf>.

- Canahua Apaza, N. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. *Revista Industrial Data*(24), 49-76.
- Cárcel, F. (2014). *La gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial*. Valencia, España: OmniaScience.
- Casas, L., & Barona, J. (2019). *El funcionamiento de las edificaciones: Administración y mantenimiento*. Cali, Colombia: Programa Editorial de la Universidad del Valle.
- Ccoyllo Meza, J., & Denil Marin, C. (2021). *Implementación del mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de equipos en la empresa Jardel Perú S.A.C. Lima 2020*. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Chavarria, J. (2019). *Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Incrementar la Disponibilidad Mecánica de la Maquinaria Pesada de la Municipalidad Provincial de Pomabamba*. Lima, Perú: Universidad Tecnológica del Perú.
- Consuegra, O. (2015). Metodología AMFE como herramienta de gestión de riesgo en eun hospital universitario. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 37-49.
<https://www.redalyc.org/pdf/4096/409640743004.pdf>.

- Durand, H. (2018). *Propuesta de mejora para disminuir los tiempos de paradas no programadas de los buses de una empresa de transporte público a través de la metodología RCM y mantenimiento autónomo*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Espinosa Martinez, J., De La Paz Martinez, E., Perez Bermudez , R., & Acosta Perez, I. (2020). Contribución del mantenimiento centrado en la confiabilidad para el estudio de fallos a equipos consumidores de energía eléctrica. *Revista Centro Azucar*, 22-32. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v47n1/2223-4861-caz-47-01-22.pdf>.
- Estupiñan, E., & Cordero, E. (2019). Uso de la metodología FMCEA - RCM, para la optimización de la estrategia de mantenimiento en una planta de tostación de cobre. *Revista de la Facultad de Ciencias Basicas*, 196-204.
- Fernández de la Calle, I. (2020). *Seguridad funcional en instalaciones de proceso: Sistemas instrumentados de seguridad y analisis SIL*. Madrid, España: Ediciones Diaz de Santos.
- Flores, M., Medina, D., Vargas, D., & Remache, B. (2020). Asignación de modelos de mantenimiento basada en la criticidad y disponibilidad del equipo. *CienciAmerica*, 1-8.
- Galaviz, J., & Alfaro, J. (2015). *Mejora y optimización de procesos de manufactura: red de colaboración nacional e internacional*. Valencia, España: Palibrio.

García , I. (2016). *Anatomía de sistemas: Su análisis y su apoyo*. Madrid, España: Diaz Santos.

Gonzalez, C., Domingo, R., & Sebastian, M. (2015). *Técnicas de mejora de la calidad*. Madrid, España: Editorial UNED.

González, F. (2015). Ingeniería de mantenimiento en la dinámica de la competitividad y desarrollo industrial. *International Engineering Seminar IES UNISANGIL* , 48-51.
https://unisangil.edu.co/phocadownload/investigaciones_doc/memorias_IES_2015_ISSN_2422_5088_volumen_2.pdf#page=48.

Gonzalez, F., & Fuentes, J. (2019). *Sistemas ferroviarios: planificación, ingeniería y explotación*. San José, Costa Rica: Editorial UNED.

Gupta, P., & Sri, A. (2016). *Seis Sigma sin Estadística: Enfoque en la búsqueda de las mejoras inmediatas*. Porto, Portugal: Accelper Consulting.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: Mc Graw Hill.

Iglesias, J. (2015). *Mantenimiento correctivo de electrodomésticos de gama industrial - UF2244*. Málaga, España: Editorial ELEARNING. S.L. .

Janoudi, F. (2015). *Reparación de equipos mecánicos y eléctricos de plantas de tratamiento de agua y plantas depuradoras*. Málaga, España: Editorial ELEARNING S.L.

Jiménez, F. (2018). *Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial. ELEM0311*. Malaga, España: IC Editorial.

Linares, V. (2018). *Diagnosic de averías y mantenimiento correctivo de sistemas de automatización industrial*. Malaga, España: IC Editorial.

Ma, X., Wu, X., & Zhang, Y. (2014). Research on Maintenance Strategy of Coal Mining Vehicle Based on RCM. *Applied Mechanics and Materials Vol 543*, 126-129. doi:10.4028/www.scientific.net/amm.543-547.126.

Martinez Monseco, J., & Planaguma Vilamitjana, A. (2021). Innovando desde la gestión del mantenimiento. El remantenimiento. Caso práctico Central Hidroelectrica. *Centro de Investigación y Pruebas Electroenergéticas*, 1-13.

Medialdea, J., & Corrales, B. (2017). *Operaciones auxiliares de mantenimiento de instalaciones maquinaria, equipos y herramientas de floristería*. Málaga, España: Editorial ELEARNING S.L. .

Núñez Molle, D., & Puchoc Tejeda, J. (2021). *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad operativa de la empresa distribuidora Bajopontina S.A. Lima, 2021*. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo.

Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vela, J., & Romero Delgado, E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

Pareja Toledo, C., Amado Sotelo, J., & Gutierrez Ascon, J. (2017). Gestión de mantenimiento preventivo y disponibilidad de la flota de tractores del area de maquinarias en una empresa pecuaria. *Ingnosis*, 169-182.

Patterson, D., & Hennessy, J. (2018). *Estructura y diseño de computadoras*. Barcelona, España: Reverte.

Rawahi, S., & Sudhir, C. (2019). Reliability, Availability and Maintainability Study of Critical Vehicle Maintenance Equipment in a Highly Demanding Automobile Workshop. *International Journal of Multidisciplinary Science and Engineering* 6 (11), 1-7.
<http://www.ijmse.org/Volume6/Issue11/paper1.pdf>.

- Rivas, M. (2017). *Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos*. Málaga, España: Editorial Elearning .
- Rodríguez, E., Obando, F., Sánchez, M., Calvo, P., Ordonez, A., Ordonez, S., & Villa, J. (2016). *Manual de gestión de mantenimiento del equipo biomédico*. Cali, Colombia: Ediciones de la Universidad Autonoma de Occidente.
- Rodriguez, J. (2018). *Elaboración de una propuesta de plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para la flota de vehículos de la empresa TRANZIT S.A.S perteneciente al STIP*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Rojas Martinez, L., Rojas Martinez, C., & Valdez Cervantes, L. (2017). Desarrollo y aplicación de plan de mantenimiento RCM en la automatización de líneas de inspección con equipos Allen-Bradley. *15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, 1-8. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.353>.
- Sánchez, M. (2015). *Manejo y mantenimiento de equipos de aplicación de fitosanitarios*. Málaga, España: Editorial ELEARNING S.L.
- Socconini Perez, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a paso*. Barcelona, España: Marge Books.

Suárez, Y., & Nieto, O. (2020). Metodología para gestionar riesgos en la autoevaluación de las maestrías del Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana. *Rev. Cubana Edu. Superior* 39 (3), 1-12. <http://scielo.sld.cu/pdf/rces/v39n3/0257-4314-rces-39-03-e19.pdf>.

Tabuyo, M. (2015). *Organización y gestión de los procesos de mantenimiento de las instalaciones eléctricas en el entorno de edificios y con fines especiales*. Málaga, España: Editorial Elearning.

Uribe, S. (2020). Aplicación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la maquina remalladora de una empresa textil. *Ingeniería Industrial*(38), 15-31.

Valderrama Mendoza, S. (2019). *Pasos para Elaborar Proyectos de investigación Científica*. Lima: Editorial San Marcos.

Velasco Sanchez, E., Sanchez Lozano, M., & Peral Orts, R. (2016). *XXI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica: Libro de artículos*. Alicante, España: Universidad Miguel Hernandez.

- Yanez, J. (2021). *Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para una flota de buses urbanos en el sur de Quito*. Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Ypanaque Arteaga, S., Chucuya Huallpachoque, R., & Esquivel Paredes, L. (2017). Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de ua grúa de 50 toneladas. *Ingnosis*, 309-322.
- Zafra, A., Mendez, F., & Reyes, A. (2017). Metodología para la categorización de activos en el mantenimiento centrado en confiabilidad desde el algoritmo "Proceso de jerarquía analítica". *Agustiniana Revista Académica*, 53-76.
<https://revistas.uniagustiniana.edu.co/index.php/agustiniana/article/view/32/25>.
- Zegarra, J. (2019). *Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para incrementar la disponibilidad de los tractocamiones Freightliner de la empresa Transportes Pakatnamu SAC*. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo* Vol 19 N° 1, 25-37; :
<http://dx.doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2016.v19i1.02>.