



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Plan de mantenimiento basado en condición e influencia en
disponibilidad y confiabilidad de flota liviana en empresa
distribuidora – Trujillo**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Castrillon Dominguez, Jaime Jesus (orcid.org/0009-0006-3271-7868)

Rivera Castro, Wuinston Ley (orcid.org/0000-0001-6570-7259)

ASESOR:

Dr. Luján López, Jorge Eduardo (orcid.org/0000-0003-1208-1242)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2024

Declaratoria de autenticidad del asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Plan de mantenimiento basado en condición e influencia en disponibilidad y confiabilidad de flota liviana en empresa distribuidora – Trujillo", cuyos autores son CASTRILLON DOMINGUEZ JAIME JESUS, RIVERA CASTRO WUINSTON LEY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 01 de Agosto del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO DNI: 17897692 ORCID: 0000-0003-1208-1242	Firmado electrónicamente por: JLUJAN el 01-08- 2024 19:27:55

Código documento Trilce: TRI - 0842848

Declaratoria de originalidad del autor(es)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CASTRILLON DOMINGUEZ JAIME JESUS, RIVERA CASTRO WUINSTON LEY estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Plan de mantenimiento basado en condición e influencia en disponibilidad y confiabilidad de flota liviana en empresa distribuidora – Trujillo", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
JAIME JESUS CASTRILLON DOMINGUEZ DNI: 47345380 ORCID: 0009-0006-3271-7868	Firmado electrónicamente por: CDOMINGUEZJ el 01- 08-2024 19:58:54
WUINSTON LEY RIVERA CASTRO DNI: 73907378 ORCID: 0000-0001-6570-7259	Firmado electrónicamente por: WLRIVERAC el 01-08- 2024 19:52:08

Código documento Trilce: TRI - 0842849

DEDICATORIA

A Dios, con infinita gratitud, por ser la luz y guía en cada paso de mi vida. Por Su amor incondicional y las bendiciones que derrama sobre mí y mi familia cada día. A mi esposa, mi compañera de vida, por su amor, apoyo y paciencia inquebrantables. Eres mi roca y mi inspiración. Gracias por compartir cada momento conmigo, por ser mi amiga, mi confidente y mi más grande fortaleza. Tu amor me hace mejor persona y me impulsa a seguir adelante. A mis hijos, que son mi mayor orgullo y alegría. Gracias por llenar mi vida de risas, aprendizajes y sueños. Cada uno de ustedes es un tesoro invaluable y me esfuerzo cada día para ser un buen ejemplo para ustedes. A todas las personas que me han apoyado a lo largo de este viaje, amigos, familiares y colegas, gracias por su constante aliento y por creer en mí. Su apoyo ha sido fundamental para superar los desafíos y alcanzar mis metas.

A todos ustedes, mi eterna gratitud por ser la razón de mi felicidad y mi motivación. Con todo mi amor y agradecimiento, Wuinston ley rivera castro

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico a Dios a mi madre. Ana Domínguez Granda y a mi esposa Garthie Juliana Rodríguez Alcántara quien en todo momento no dejaron de creer en mí y sin ellas no sería el profesional que soy ahora, Por su comprensión y su absoluto apoyo, a mis hijos Gonzalo Martín Castrillon, a Leonardo fabricio Castrillon a Mateo Valdivia Rodríguez , Camilo Valdivia Rodríguez quien son parte de mi motivación a superarme

AGRADECIMIENTO

A lo largo de este viaje académico, he recibido apoyo, guía y ánimo de muchas personas que han sido fundamentales en la culminación de esta tesis. Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas ellas.

Primero y ante todo, a Dios, por darme la fortaleza, la paciencia y la sabiduría para superar los desafíos que encontré en este camino. Sin Su guía, nada de esto habría sido posible.

A mi esposa, por su amor incondicional, su paciencia y su apoyo constante. Gracias por ser mi compañera en los momentos difíciles y por celebrar conmigo cada pequeño logro. Tu presencia ha sido mi mayor motivación.

A mis hijos, quienes me han brindado alegría y recordado la importancia de la perseverancia y la dedicación. Sus sonrisas y abrazos me han dado la energía necesaria para seguir adelante.

A mis padres, por inculcarme los valores de la educación y el esfuerzo desde una edad temprana. Su amor y apoyo han sido un pilar fundamental en mi vida.

A mi tutor y mentor, ING, JORGE EDUARDO LUJAN LOPEZ, por su invaluable guía, paciencia y sabiduría. Sus consejos y críticas constructivas han sido cruciales para la realización de esta tesis.

A mis amigos y colegas, quienes me han brindado su apoyo y aliento incondicionales. Gracias por escucharme, aconsejarme y, sobre todo, por creer en mí.

A todos los profesores y miembros de la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, por proporcionarme las herramientas y el conocimiento necesario para completar este trabajo. Su dedicación y compromiso con la educación son inspiradores.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de una forma u otra, han contribuido a la culminación de esta tesis, mi más profundo agradecimiento.

Con gratitud, WUINSTON RIVERA CASTRO Y JAIME JESUS CASTRILLON DOMINGUEZ

Índice de contenidos

Carátula	i
Declaratoria de autenticidad del asesor	ii
Declaratoria de originalidad de los autores	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	11
III. RESULTADOS	14
IV. DISCUSIÓN	48
V. CONCLUSIONES	52
VI. RECOMENDACIONES	54
VII. REFERENCIAS	55
ANEXOS	58

Índice de tablas

Tabla N° 1.- Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_N° 1	14
Tabla N° 2.- Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_N° 2	15
Tabla N° 3.- Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_N° 3	15
Tabla N° 4.- Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_N° 4	16
Tabla N° 5.- Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_N° 5	16
Tabla N° 6.- Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_N° 6	17
Tabla N° 7.- Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_N° 7	17
Tabla N° 8.- Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_N° 8	18
Tabla N° 9.- Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_N° 9	18
Tabla N° 10.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unid LO-915_N° 1	19
Tabla N° 11.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unid LO-915_N° 2	14
Tabla N° 12.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unid LO-915_N° 3	21
Tabla N° 13.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unid LO-915_N° 4	22
Tabla N° 14.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unid LO-915_N° 5	23
Tabla N° 15.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unid LO-915_N° 6	24
Tabla N° 16.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unid LO-915_N° 7	25
Tabla N° 17.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unid LO-915_N° 8	26
Tabla N° 18.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unid LO-915_N° 9	27
Tabla N° 19.- Resumen de indicadores iniciales	28
Tabla N° 20.- Cuadro resumen de análisis de criticidad Unid LO-915_N° 1	29
Tabla N° 21.- Cuadro resumen de análisis de criticidad Unid LO-915_N° 5	29
Tabla N° 22.- Cuadro resumen de análisis de criticidad Unid LO-915_N° 9	30
Tabla N° 23.- Hoja de información de la maquina LO 915 N° 1	31
Tabla N° 24.- Hoja de información de la maquina LO 915 N° 5	33
Tabla N° 25.- Hoja de información de la maquina LO 915 N° 9	34
Tabla N° 26.- Análisis del Número de prioridad de riesgos	37
Tabla N° 27.- Evaluación posterior Unidad Mercedes Benz LO-915 N° 1	40
Tabla N° 28.- Evaluación posterior Unidad Mercedes Benz LO-915 N° 5	40
Tabla N° 29.- Evaluación posterior Unidad Mercedes Benz LO-915 N° 9	41
Tabla N° 30.- Indicadores de mejuora	42
Tabla N° 31.- Beneficio en reducción de horas perdidas de las Unid. LO-915.	43

Tabla N° 32.- Costos en mantenimiento predictivo en Unid Mercedes Benz	44
Tabla N° 33.- Costos en mantenimiento preventivo en unidades Mercedes Benz	44
Tabla N° 34.- Resumen de los costos de mantenimiento	45
Tabla N° 35.- Inversión en activos fijos	45

Índice de figuras

Figura 01.- Matriz característica de Criticidad	8
Figura 02.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 1	19
Figura 03.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 2	20
Figura 04.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 3	21
Figura 05.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 4	22
Figura 06.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 5	23
Figura 07.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 6	24
Figura 08.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 7	25
Figura 09.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 8	26
Figura 10.- Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 9	27
Figura 11.- Programa de servicio específico en vigor	39

RESUMEN

Se desarrolló un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de las unidades Mercedes Benz LO-915 en una empresa distribuidora en Trujillo, incluyendo el uso de inteligencia artificial. La investigación abordó los procedimientos de mantenimiento deficientes y las fallas recurrentes, formulando preguntas específicas y estableciendo hipótesis para analizar el impacto del plan. Se implementaron mejoras en componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos, lo que resultó en un aumento de los indicadores de mantenimiento y una modernización de la empresa. La investigación se justificó técnicamente, medioambientalmente y económicamente. Se establecieron objetivos generales y específicos para analizar el impacto del programa de mantenimiento en las unidades móviles. Además, se consideraron investigaciones previas en el ámbito de la optimización de mantenimiento en maquinaria pesada.

Palabras clave: Mantenimiento basado a la condición, plan de mantenimiento en base a la condición.

ABSTRACT

A maintenance plan was developed to improve the availability and reliability of Mercedes Benz LO-915 units in a distribution company in Trujillo, including the use of artificial intelligence. The research addressed deficient maintenance procedures and recurring failures, formulating specific questions and hypotheses to analyze the impact of the plan. Improvements were made to mechanical, electrical, and electronic components, resulting in increased maintenance indicators and modernization of the company. The research was justified technically, environmentally, and economically. General and specific objectives were established to analyze the impact of the maintenance program on the mobile units. Previous research in the field of maintenance optimization in heavy machinery was also considered.

Keywords: Condition-based maintenance, condition-based maintenance plan.

I. INTRODUCCIÓN

La humanidad ha evolucionado en los últimos tiempos a un ritmo galopante. Consecuentemente, las tareas en la producción y el mantenimiento han crecido a velocidades insospechables y las condiciones de las máquinas y unidades móviles han mostrado eficiencia que amerite no tener paradas de equipos; por lo tanto, la mejor alternativa para reducir tiempos de inspección, identificación de fallas y desarrollo de actividades preventivas ha permitido mejorar la eficiencia productiva (Garabito, 2021). A medida que la economía y la sociedad avanzan, crece el interés por la condición de las máquinas y los sistemas. La exploración de maneras de mejorar los indicadores de disponibilidad y confiabilidad ha significado continuar desarrollando actividades bajo condiciones de mejora continua y obteniendo resultados con un menor gasto (Sánchez Contreras, 2019).

Por otro lado, las condiciones de operación y mantenimiento han cambiado y ello ha significado abarcar más disciplinas de control como sistemas de scanner y computadoras que han ampliado el ámbito del mantenimiento preventivo y predictivo (Gallo Díaz, 2020).

En Perú, se ha observado un avance en los últimos años; sin embargo, algunas empresas, a pesar de actualizar sus unidades móviles, siguen aferradas a los sistemas tradicionales de mantenimiento. Al haberse renovado el parque automotor con unidades más sofisticadas, algunos sistemas de mantenimiento quedaron obsoletos, aquellos que incrementaban los costes como consecuencia del bajo valor porcentual de los parámetros de disponibilidad y confiabilidad y que no han permitido enfrentar al desarrollo del mantenimiento como sí lo hicieron empresas transnacionales (Ramos Saravia, 2021, p.8).

Consecuentemente, las unidades Mercedes Benz LO-915 de la empresa Distribuidora de productos en Trujillo, materia del estudio, no fueron la excepción y Se optó por crear un programa de mantenimiento basado en el estado de los equipos de cada una de ellas y así mejorar los marcadores de disponibilidad y confiabilidad mediante evaluaciones, identificaciones y desarrollo, incluyendo la introducción a la inteligencia artificial para el diagnóstico de fallos. (Inteligencia artificial_Diagnóstico y

pronóstico de fallos, 2022)

En tal sentido, de acuerdo a la problemática que se ha observado en las unidades Mercedes Benz LO-915 de una empresa distribuidora en Trujillo, se ha constatado que los procedimientos de desarrollo de las actividades de mantenimiento fueron ligeros y con fallas repetitivas en los motores y sistema de transmisión, lo cual ocasionaba paralizaciones de las unidades en la ruta de distribución, perdiéndose entrega de mercadería del día y perjuicio económico para la empresa.

Por lo tanto, se ha formulado como problema general el siguiente: ¿Cómo afecta la aplicación del programa de mantenimiento dirigido en las condiciones a la disponibilidad y fiabilidad de los vehículos Mercedes Benz LO-015 en una compañía distribuidora en Trujillo? Como preguntas específicas se pueden identificar las siguientes: i) ¿Cuál es la disponibilidad y confiabilidad de las unidades Mercedes Benz LO-915 en una empresa distribuidora en Trujillo?; ii) ¿Cuáles son los componentes críticos de las unidades Mercedes Benz LO-915?; iii) ¿Cómo implementar un programa de mantenimiento basado en la condición para las unidades Mercedes Benz LO-915 en una empresa distribuidora en Trujillo?; iv) ¿Cuál es la disponibilidad y confiabilidad de las unidades Mercedes Benz LO-915 en una empresa distribuidora en Trujillo después de la ejecución del plan de mantenimiento?; v) ¿Cuál es el impacto económico de implementar el plan de mantenimiento basado en la condición para la empresa distribuidora en Trujillo?

En la investigación llevada a cabo, se destacó la evaluación, identificación y determinación de los indicadores de mantenimiento iniciales a través de la observación, documentos históricos, condiciones de criticidad y el análisis de modos y efectos de fallas. Para respaldar completamente la conclusión, se implementaron mejoras en componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que determinaron aumento porcentual de los indicadores, como parte del proceso de modernización de la empresa. En efecto, bajo el criterio de optimizar el sistema de mantenimiento mediante el desarrollo de un plan, reducir fallas y costos, se realizó la contrastación de dos escenarios: un antes y un después de la mejora para determinar la conveniencia del desarrollo del plan de mantenimiento.

Por otro lado, las razones que respaldaron la realización de la investigación se

justificaron bajo los aspectos: *Técnico*, fundamentado en la optimización de un proceso que implica el uso de equipos como escáneres y computadoras, con la finalidad de incrementar la eficacia en la utilización de las unidades móviles; en cuanto a la *protección del medio ambiente*, las unidades móviles optimizadas reducen los gases de escape, pues con equipos de control modernos y computarizados se regulan los parámetros de combustión; desde una perspectiva *económica*, la justificación radica en la optimización del rendimiento de las unidades móviles Mercedes Benz LO-915 de la empresa, lo cual facilita obtener ganancias económicas al eliminar pérdidas en la entrega diaria de mercadería. De acuerdo a todo lo indicado, en la investigación se ha establecido el siguiente *objetivo general*: Analizar el impacto de la implementación de un programa de mantenimiento basado en condiciones sobre la disponibilidad y confiabilidad de los vehículos Mercedes Benz LO-915 en una empresa distribuidora ubicada en Trujillo. Para alcanzar esta meta, se han tenido en cuenta las siguiente objetivos específicos: i) Evaluar la disponibilidad y confiabilidad iniciales de las unidades Mercedes Benz LO-915 en una empresa distribuidora en Trujillo ; ii) Elaborar un análisis de criticidad de las unidades Mercedes Benz LO-915 ; iii) Implementar un programa de mantenimiento basado en la condición para la unidades Mercedes Benz LO-915 en una empresa distribuidora en Trujillo; iv) Determinar la disponibilidad y confiabilidad de las unidades Mercedes Benz LO-915 en una empresa distribuidora en Trujillo, luego de implementar el plan de mantenimiento; v) Elaborar el análisis económico-financiero para definir el impacto económico de la ejecución del plan basado en la condición en la empresa de distribución en Trujillo.

A través de la formulación del problema, justificaciones expuestas y objetivos presentados, se plantearon abordar los desafíos de la empresa; por lo tanto, se consideró relevante establecer como hipótesis: La implementación de un programa de mantenimiento centrado en la condición, sí generará efectos beneficiosos para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de la flota liviana en una empresa distribuidora en Trujillo.

Teniendo en consideración lo expuesto anteriormente, se ha tenido en cuenta trabajos relacionados al contenido como de (Valdera Castillo, 2020) quien en su trabajo de tesis desarrollada en el sector automotriz pesado de maquinaria D7G CAT, buscó

aumentar la disponibilidad de operación; para ello inició su estudio con una evaluación de criticidad e indicador iniciales de las máquinas, determinando la solución a las principales fallas mediante la aplicación de check list y sistema de mantenimiento que concluyeron para la mejora del índice de disponibilidad del 46.67% a 93%, considerándose como eficiente.

En forma similar, se ha tomado en cuenta a (Molina Roldán, 2021) quien en su artículo realizó un análisis con enfoque RCM de las máquinas de la empresa SERMETAL S.A.C. cuya disponibilidad era de 77%; se apoyó en el AMEF para determinar las fallas con mayor efecto y causantes de la baja eficiencia mecánica y mediante el programa de mantenimiento respectivo, se pudo reducir el índice de riesgos, el porcentaje de disponibilidad y confiabilidad aumentaron al 86% y 98%, respectivamente.

A nivel nacional, en la investigación de (Zavaleta, Y.A., 2019), se aplicó métodos de examen de documentos, entrevistas, observación, evaluaciones de tiempo de parada, tiempo de producción y tiempo medido entre fallas, para determinar condiciones iniciales del estado de máquinas de servicio para la empresa, éstos resultaron desalentadores ya que se observaba una frecuencia de fallas de 0.378 eventos diarios, con un lapso promedio entre cada falla de 2.64 días. Además, se registraba un tiempo de inactividad en los procesos productivos de 145 horas durante la fase de producción mensurable y los indicadores de confiabilidad se situaban en un 71.79%. Tras el desarrollo del proceso de sistema de mantenimiento bajo la condición crítica de estas máquinas y las estrategias de mantenimiento a implementar, se concluyó en la mejora de todos los procesos e incremento de indicadores de confiabilidad hasta el rango de 91.5% - 93%, una tasa de 0.1 fallas/día y el tiempo de paradas en los procesos sólo fueron de 30.45 horas en la etapa de producción.

También, se ha tenido en consideración la investigación de (Soto Baltazar, 2019), quien inicialmente determinó valores de disponibilidad mecánica y tiempo medio entre fallas de la flota de unidades móviles Faw CA3256: Aplicó un Estudio de Modo y Efecto de Falla (RCM), resultando en una definición de una serie de actividades de mantenimiento que se llevaron a cabo durante cuatro meses y las conclusiones indicaron que uno de los problemas principales en los volquetes era el regulador de

corriente del alternador, siendo cambiado en la mayoría de las unidades a fin de anticiparse a las averías, evitar las paradas de operación y conseguir un aumento de la disponibilidad mecánica de 90,14% a 92,034%.

A nivel internacional, es loable tener como referente a (Cárdenas Maza, 2020) quien en una publicación actualizada de la Monografía realizada en Colombia para obtener el grado de título de Ingeniero Mecánico desarrolla inicialmente la descripción de funciones de unidades vehiculares de la empresa Dinacol S.A., realizó el estudio de modo y efecto de fallas a los equipos más críticos como un puente grúa de 10 Tons. y una unidad vehicular de servicio de transporte de materiales y repuestos. En pocas palabras, se desarrolló un programa de mantenimiento para cada equipo, revelando que DINACOL S.A., a pesar de tener con un plan de mantenimiento, no cumplía con los intervalos adecuados para llevar a cabo tareas que aseguraran la confiabilidad, disponibilidad y extensión de la durabilidad de los equipos en el proceso productivo, además se logró identificar los aspectos que ocasionaban pérdidas económicas.

También a nivel internacional, en la investigación de (Suniaga, 2019), realizada en la corporación Venezuela Heavy Industries S.A., Examinaron todos los indicadores relacionados con la maquinaria: Excavadoras, camiones de acarreo, cargadores frontales y motoniveladoras. Los resultados mostraron una disponibilidad que oscilaba entre el 75% y el 82%, y una confiabilidad que variaba entre el 78% y el 83%. Para abordar este problema, se aplicó el mantenimiento preventivo basado en el AMEF, logrando un aumento de la confiabilidad en un rango de 88% a 95% y una disponibilidad del 88% al 94%. En resumen, esta estrategia contribuyó de manera significativa a la disminución de los costos de mantenimiento, resultando disminuciones de hasta el 71.50%.

Finalmente, el trabajo de (Chen T, 2022), presentado en China, ha consistido en el diseño mediante simulación de un sistema de rozamiento de engranajes con lubricación a chorro, como parte del programa de gestión de mantenimiento de transmisión de potencia. Se tomaron medidas de temperatura del engranaje mediante sistema inalámbrico, con el objeto de mantener el equilibrio entre la precisión de la simulación y eficiencia del cálculo; para ello se utilizó como muestra, un engranaje tipo

FZGA (Norma ISO 14635-1) y modelamiento en el software ABAQUS-614, aplicando el método de malla CPE4T, que refieren a la aplicación del sub modelo de transferencia de calor para engranajes. Como conclusión se llegó a establecer la disminución del desgaste de flancos de engranajes en condiciones de temperatura del lubricante de 60°C.

Luego de haber referenciado los antecedentes, se ha podido expresar que el Mantenimiento Basado en la Condición (MBC), según la información proporcionada por (Nexus Inttegra, 2019), se describe como una táctica de mantenimiento centrada en asegurar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia en los costos de mantenimiento de un activo. Esta estrategia implica un diagnóstico previo de los equipos y un monitoreo continuo para prevenir posibles fallas, parte del supuesto de que no se puede prever la duración anticipada de cada componente, por lo que resulta más efectivo evaluar cada activo y así determinar la necesidad de su mantenimiento. (Ulloa Trujillo, 2019).

Al evaluar qué activos requieren revisión o reparación, se consideran ciertos parámetros, entre ellos: La vibración, a pesar de ser imperceptible para el ojo humano, es un parámetro crucial que ciertos equipos rotativos utilizan para llevar a cabo sus funciones. En el enfoque del MBC, los sensores de vibración pueden identificar cuándo este movimiento indica un fallo en los rodamientos u otros problemas. Otro parámetro relevante es la termografía infrarroja, que emplea un generador de imágenes térmicas para captar la radiación emitida por una pieza, la cual se traduce en temperatura y proporciona una imagen en tiempo real de su distribución. Además, se considera el mantenimiento ultrasónico, cuyos sensores ultrasónicos pueden detectar activos potencialmente defectuosos mediante la identificación de sonidos generados por el mal funcionamiento de una máquina. Por último, se encuentra el análisis de aceite, que implica realizar mediciones de las partículas presentes para evaluar el estado del aceite, así como el desgaste y la contaminación de un activo.

La fortaleza del MBC radica en que se lleva a cabo mientras el activo está en funcionamiento, lo que disminuye las interrupciones en las operaciones y mantiene niveles de producción elevados. Además, MBC garantiza una vida útil prolongada para cada activo, reduce el tiempo de inactividad no planificado debido a fallas críticas,

detecta de manera proactiva posibles brechas, roturas y desgaste de las piezas y optimiza los recursos disponibles para reducir los costos innecesarios. También ayuda a mejorar la seguridad.

Teniendo en cuenta que, en el Mantenimiento basado en la condición lo importante también es recurrir a los principales indicadores de mantenimiento, se ha elegido a los realmente útiles para el aporte de las necesidades concretas de información del sistema. Así por citar, la *Disponibilidad* según (REALIBILITYWEB, 2019) es un primer marcador en el ámbito del mantenimiento y, naturalmente, el que es más susceptible a ser 'manipulado'. Representa el porcentaje de tiempo en el cual el sistema o equipo podría haber estado en funcionamiento, queriendo decir, sin estar detenido debido a daños o averías. Este índice se evalúa a través de la medida de:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas operativas} - \text{Horas Inoperativas}}{\text{Horas Operativas}} * 100 \quad \dots (1)$$

Buena práctica es determinar la disponibilidad de cada conjunto significativo y luego calcular el promedio aritmético para obtener la disponibilidad total de la planta.

El MTBF (Tiempo medio entre fallos), permite determinar el orden en el que ocurren las fallas.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}} \quad \dots (2)$$

El MTTR (Tiempo medio de reparación), permite determinar la importancia de las fallas en un equipo, tomando en cuenta el tiempo promedio necesario para su reparación o solución.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas de paro por avería}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}} \quad \dots (3)$$

Mediante un simple cálculo matemático, es fácil determinar el indicador de Disponibilidad por fallo:

$$\text{Disponibilidad por fallo} = \frac{\text{MTBF} - \text{MTTR}}{\text{MTBF}} \quad \dots (4)$$

Otro indicador crucial es la confiabilidad, definida por (APABLAZA, 2019) como la posibilidad de que un sistema o equipo desempeñe adecuadamente su función primordial, conforme a los requisitos establecidos, durante una etapa de tiempo determinado. La confiabilidad se calcula para un intervalo determinado, ya sea semanal, mensual, anual, etc. (Gallo Díaz, 2020). En este contexto, desarrollada por el ingeniero la formula se basa a una expresión que propuso (LOURIVAL TAVARES) y se expresa mediante la siguiente ecuación (Améndola, 2018).

$$R(t) = e^{-\lambda * ttp/100} \dots (5)$$

Datos:

R (t): Confiabilidad.

ttp: Periodo total de producción

e: Cantidad inversa de Logaritmo Natural (e = 2. 718281828)

λ : Proporción de fallas (cantidad de fallos dividida por el período operativo) = $\frac{1}{MTBF}$

En el marco del análisis de indicadores, se ha definido un método para vincular y categorizar las fallas según su nivel de *criticidad*. El Análisis de Criticidad, según la definición proporcionada por (Díaz, 2019), se presenta como una metodología que jerarquiza procesos, sistemas y componentes, facilitando la toma de decisiones efectivas.

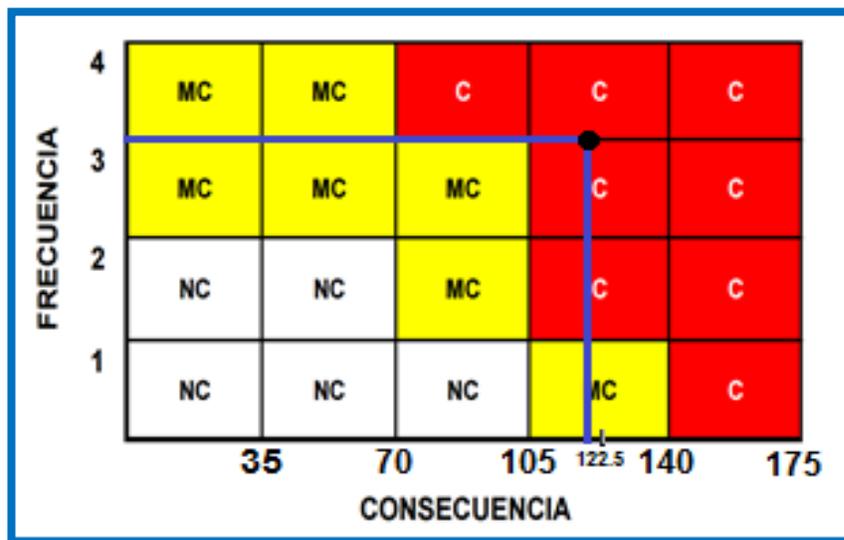


Figura 01 – Matriz característica de Criticidad
Fuente: Carlos Parra & Adolfo Márquez, 2012.

La evaluación de Criticidad emplea un sistema de colores para señalar el nivel de riesgo vinculado al Índice de Importancia de la instalación, sistema o equipo en evaluación. En este enfoque, la frecuencia de fallas se representa en un eje, mientras que en el otro se consideran los impactos o consecuencias que la unidad o equipo enfrentaría en caso de una falla, según la descripción de (Carranza, 2019)

La figura que se muestra, denota la forma directa de obtener el grado de criticidad de una falla mediante la intersección de ponderaciones de frecuencia vs. consecuencia.

La evaluación cuantitativa de la criticidad se lleva a cabo al multiplicar la secuencia de aparición de una avería por el resultado de sus repercusiones. De esta manera, se obtiene un indicador que refleja la gravedad potencial de una falla (Gallo Díaz, 2020).

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia} \dots (6)$$

Donde:

- Frecuencia es la probabilidad o frecuencia con la que ocurre la falla
- Consecuencia es el impacto o las repercusiones que resultarían de la falla.

Los criterios para obtener la Consecuencia, son los especificados a continuación:

$$C=(I.O)\times(F.O)\times(C.M)\times(ISMA)\dots\dots (7)$$

Donde:

- I.O: Efecto en las Operaciones.
- F.O: Frecuencia de Ocurrencia.
- C.M: Consecuencias Materiales.
- ISMA: Índice de Severidad de la Medida de Atenuación.

Otro elemento crucial es el Estudio de Modo y Efectos de averías potenciales (AMEF), el cual desempeña un papel fundamental en el procedimiento del mantenimiento basado en la condición. Este estudio es un procedimiento sistemático utilizado para evaluar e identificar errores potenciales en el diseño de productos o procesos antes de que ocurran. El objetivo principal es prevenir o minimizar el riesgo

asociado a estas fallas. (GONZÁLES, 2019).

En el AMEF, analizan posibles tipos de errores, evalúa el impacto en el sistema y determina la gravedad de cada error. Además, se considera la probabilidad de ocurrencia de cierto evento de falla y la posibilidad de que esta avería sea encontrada antes de que cause daño.

Tres factores (severidad, ocurrencia y detección) se multiplican para obtener el NPR (Número de Prioridad de Riesgo). Este número ayuda a priorizar las acciones de mantenimiento y mejora, centrándose en las áreas con mayor riesgo. Resulta notable observar la integración del cálculo del (NPR) Número de Prioridad de Riesgos en el (AMEF) Análisis de Modos y Efectos de Falla, mediante la aplicación de la fórmula:

$$N.P.R.=G \times O \times D \quad \dots (8)$$

- G representa la Gravedad.
- O denota la Ocurrencia.
- D indica la Detección.

Estas valoraciones ponderadas se determinan según la matriz NPR, como se describe en el Anexo 2 correspondiente.

Basándonos en los indicadores, se pueden deducir algunas deducciones fundamentales:

- El mantenimiento basado en la condición busca certificar el rendimiento de los equipos sin obligatoriamente quitar todas las fallas potenciales.
- No todos los equipos idénticos necesitan recibir el mismo tipo de mantenimiento; esto varía según las distintas etapas de vida de cada uno,
- Cada categoría de mantenimiento presenta sus pros y contras, y no es posible aplicar una única estandarización para todos los equipos.
- Un buen mantenimiento se logra cuando se realizan actividades donde resalta la importancia continua de la gestión, para garantizar la eficacia de los activos.

II. METODOLOGÍA

La metodología que se ha tenido en cuenta en la investigación se categoriza como aplicada, de enfoque cuantitativo y nivel explicativo, ya que involucra la aplicación práctica de conocimientos en el campo del mantenimiento basado en la condición. En este contexto, se ha buscado aplicar y validar en la práctica los conceptos teóricos y las metodologías estudiadas con el propósito de mejorar la administración del mantenimiento y la confiabilidad operativa de los activos, los mismos que obedecieron cuantitativamente a porcentajes y explicaron la mejora a través de su aplicación. Este enfoque ha tenido como objetivo resolver problemas reales y generar soluciones prácticas y efectivas en el ámbito del mantenimiento industrial **(Murillo, 2019, p.26)**. En lo que se refiere al diseño de la tesis, ha sido de tipo experimental pre-experimental, dado que se basó en evaluaciones realizadas antes y después de la implementación del plan de mantenimiento., comparando proyecciones y resultados. Su alcance se ha distinguido por su objetivo central de manipular una variable a lo largo del tiempo con el fin de obtener un resultado que generalmente se predice o simula. En este enfoque, se realizaron intervenciones o manipulaciones en una variable independiente, y luego se observó el efecto que estas tienen en una variable dependiente **(Murillo, 2019, p.30)**.

En cuanto a las variables, se ha escogido como principal, al plan de mantenimiento basado en la condición que, conceptualmente hace referencia a un conjunto de estrategias diseñadas para intervenir en los activos, con el objetivo de corregir defectos que puedan surgir en los equipos y que podrían dificultar o limitar la producción, además de procurar mantener o mejorar la eficiencia. (García Garrido, Organización y gestión general de mantenimiento, 2019). Operacionalmente, el mantenimiento basado en la condición (MBC) se ha considerado como una táctica de mantenimiento centrada en garantizar la disponibilidad, confiabilidad y costos relacionados con el cuidado de un activo. Mediante el diagnóstico anticipado de los equipos, se logra llevar a cabo un monitoreo constante en tiempo real con el objetivo de prevenir posibles fallas.

Como variables dependientes, se consideraron a la Disponibilidad y a la Confiabilidad que, conceptualmente se definieron como el porcentaje de tiempo durante el cual el equipo o sistema podría haber estado operativo, y como la probabilidad de que un equipo o instalación cumpla adecuadamente con su función principal, respectivamente. Su definición operacional estuvo en función de que la Disponibilidad significó tener una operatividad sin interrupciones debidas a daños o fallos; y, la Confiabilidad se ha traducido en condiciones de uso establecidas durante un periodo de tiempo específico.

Por otro lado, la población en la investigación incluyó a las 28 unidades en el rubro de distribución de alimentos de primera necesidad marca Mercedes Benz LO-915 de una empresa de distribución de Trujillo. Como criterio de inclusión, se ha tenido en cuenta a todas las unidades móviles de la empresa; y, como criterio de exclusión no se consideró unidad alguna.

La muestra seleccionada consideró a 9 unidades del total que significa el 32.14% del total, lo cual es válida representación para la disciplina de mantenimiento por ser mayor al 30%. Asimismo, para el muestreo respectivo se adoptó un enfoque de muestreo intencionado, Los investigadores evaluaron que la muestra elegida era representativa de la población y suficiente para el propósito del estudio. Por lo tanto, se ha seleccionado como *unidad de análisis*, a un vehículo Mercedes Benz LO-915 de la empresa Distribuidora de productos en Trujillo.

En la investigación se emplearon las metodologías de observación, entrevistas y análisis de documentos para examinar las condiciones iniciales y poder definir los sistemas de la flota liviana en una empresa distribuidora en Trujillo. Como instrumentos de recolección de datos empleados, se utilizaron la entrevista y observación, cuyos productos fueron las guías respectivas de entrevista y observación; como instrumentos de medición, se aplicaron encuestas y el análisis documental, dando productos como el cuestionario y la ficha de registro correspondientes con el fin de evaluar condiciones de operación con los conductores, estetoscopios y herramientas básicas predictivas para observar e identificar niveles de posibles fallas y, analizar historias y catálogos de los equipos. Todo ello, como preámbulo de

determinación del nivel de criticidad.

Para la determinación de la validez se sugirió utilizar un software de simulación como por ejemplo el Pro Model, de acuerdo a la naturaleza de las variables. En este tipo de simulación la confiabilidad se considera en relación directa con los plazos de operación y tiempos de paralización de operaciones de las unidades, los cuales fueron analizados y proyectados, mediante la utilización del Número de Prioridad de Riesgos (NPR).

Se ha seguido un *procedimiento* en la ejecución de la investigación, de la siguiente manera: inicialmente se solicitó permiso a la empresa distribuidora, materia de la tesis; luego, haciendo uso de la guía correspondiente, se realizaron entrevistas a los cooperadores de las áreas de operación y mantenimiento de la flota liviana de unidades móviles marca Mercedes Benz LO-915 y así se determinaron factores de criticidad para la elaboración del diagnóstico inicial de la maquinaria. A continuación, haciendo uso de la observación y mediciones documentales en base a los tiempos históricos de la data de la empresa se lograron identificar las variables de estudio; y, finalmente, se elaboró la propuesta del plan de mantenimiento para establecer los nuevos indicadores de mantenimiento en base a la condición de la flota liviana en estudio. Para el análisis de datos, se consideró el método bajo un enfoque orientado hacia el ámbito cuantitativo, utilizando conocimientos de metodologías y fases de desarrollo en el mantenimiento. Se llevaron a cabo cálculos de indicadores iniciales, ponderaciones de criticidad y NPR. Se realizaron mediciones utilizando herramientas predictivas y se llevaron a cabo comparaciones proyectivas de indicadores, resaltando la aplicación del Mantenimiento Basado en Condiciones (MBC).

Basado a lo planteado por (Salazar, 2019) quien sostuvo que la *ética* desempeña un papel fundamental en la investigación y debe ser respetada a través de la aplicación de pautas en citas y referencias, se ha realizado la tesis bajo las normativas establecidas por la Universidad César Vallejo, específicamente el estilo ISO 690 y 690-2. Esto se hizo con el objetivo de respetar éticamente el progreso de la labor

investigadora en la universidad y como resultado, los autores deben aseguraron la autenticidad y prevención del plagio.

III. RESULTADOS

3.1. Evaluar la disponibilidad y confiabilidad iniciales de las unidades Mercedes Benz LO-915 en una empresa distribuidora en Trujillo.

Se ha considerado una evaluación inicial de las unidades Mercedes Benz LO-915, basado en los datos recolectados de la empresa e iniciado determinando los tiempos o períodos característicos de cada unidad y su desempeño en operación y paralización de las unidades.

En consecuencia, Para establecer los indicadores esenciales de disponibilidad y confiabilidad iniciales, es necesario utilizar los datos de horas de trabajo, horas de parada y horas totales de cada una de las unidades Mercedes Benz LO-915, cuya información servirá para calcular los indicadores de tiempo.

Tabla N° 1:

Indicadores de tiempo de la unidad MERCEDES BENZ LO-915_N° 1

Mes	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	HORAS DE PARALIZACIÓN	NÚMERO DE FALLAS	MTBF	MTTR
ENERO	104.00	104.00	12	8.6667	8.6667
FEBRERO	77.54	114.46	8	9.6925	14.3075
MARZO	103.00	113.00	10	10.3000	11.3000
ABRIL	96.25	87.75	5	19.2500	17.5500
MAYO	112.00	96.00	8	14.0000	12.0000
JUNIO	112.00	96.00	6	18.6667	16.0000
JULIO	90.00	102.00	8	11.2500	12.7500
AGOSTO	102.00	106.00	8	12.7500	13.2500
SETIEMBRE	110.00	98.00	10	11.0000	9.8000
OCTUBRE	98.00	102.00	5	19.6000	20.4000
NOVIEMBRE	109.00	91.00	4	27.2500	22.7500
DICIEMBRE	133.00	59.00	2	66.5000	29.5000
				19.0772	15.6895

Tabla N° 2:
Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_N° 2

Mes	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	HORAS DE PARALIZACIÓN	NÚMERO DE FALLAS	MTBF	MTTR
ENERO	86.40	121.60	7	1.02857	17.3714
FEBRERO	127.02	64.98	7	18.14505	9.2835
MARZO	152.86	63.14	5	30.57231	12.6277
ABRIL	132.34	51.66	6	22.05641	8.6103
MAYO	160.00	48.00	5	32.00000	9.6000
JUNIO	137.60	70.40	8	17.20000	8.8000
JULIO	123.32	68.68	8	15.41538	8.5846
AGOSTO	146.40	61.60	6	24.40000	10.2667
SETIEMBRE	153.60	54.40	5	30.72000	10.8800
OCTUBRE	158.46	41.54	4	39.61538	10.3846
NOVIEMBRE	144.62	55.38	6	24.10256	9.2308
DICIEMBRE	143.26	48.74	5	28.65231	9.7477
				23.65900	10.4489

Tabla N° 3:
Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_N° 3

UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 3

Mes	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	HORAS DE PARALIZACIÓN	NÚMERO DE FALLAS	MTBF	MTTR
ENERO	96.80	111.20	7	13.8286	15.8857
FEBRERO	107.08	84.92	5	21.4154	16.9846
MARZO	139.57	76.43	4	34.8923	19.1077
ABRIL	144.37	39.63	2	72.1846	19.8154
MAYO	96.00	112.00	8	12.0000	14.0000
JUNIO	147.20	60.80	4	36.8000	15.2000
JULIO	141.78	50.22	3	47.2615	16.7385
AGOSTO	134.40	73.60	5	26.8800	14.7200
SETIEMBRE	139.20	68.80	4	34.8000	17.2000
OCTUBRE	157.69	42.31	2	78.8462	21.1538
NOVIEMBRE	152.31	47.69	3	50.7692	15.8974
DICIEMBRE	150.65	41.35	3	50.2154	13.7846
				39.9911	16.7073

Tabla N° 4:
Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_ N° 4

Mes	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	HORAS DE PARALIZACIÓN	NÚMERO DE FALLAS	MTBF	MTTR
ENERO	168.00	40.00	3	56.0000	13.3333
FEBRERO	159.51	32.49	2	79.7538	16.2462
MARZO	166.15	49.85	3	55.3846	16.6154
ABRIL	155.69	28.31	2	77.8462	14.1538
MAYO	177.60	30.40	2	88.8000	15.2000
JUNIO	172.00	36.00	2	86.0000	18.0000
JULIO	155.08	36.92	3	51.6923	12.3077
AGOSTO	170.40	37.60	2	85.2000	18.8000
SETIEMBRE	152.00	56.00	3	50.6667	18.6667
OCTUBRE	169.23	30.77	2	84.6154	15.3846
NOVIEMBRE	165.38	34.62	2	82.6923	17.3077
DICIEMBRE	147.69	44.31	3	49.2308	14.7692
				70.6568	15.8987

Tabla N° 5:
Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_ N° 5

Mes	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	HORAS DE PARALIZACIÓN	NÚMERO DE FALLAS	MTBF	MTTR
ENERO	144.00	64.00	7	20.5714	9.1429
FEBRERO	147.69	44.31	5	29.5385	8.8615
MARZO	174.46	41.54	4	43.6154	10.3846
ABRIL	151.45	32.55	2	75.7231	16.2769
MAYO	152.00	56.00	5	30.4000	11.2000
JUNIO	172.00	36.00	2	86.0000	18.0000
JULIO	162.46	29.54	2	81.2308	14.7692
AGOSTO	172.80	35.20	2	86.4000	17.6000
SETIEMBRE	168.00	40.00	3	56.0000	13.3333
OCTUBRE	153.85	46.15	4	38.4615	11.5385
NOVIEMBRE	162.31	37.69	3	54.1026	12.5641
DICIEMBRE	150.65	41.35	3	50.2154	13.7846
				54.3549	13.1213

Tabla N° 6:
Indicadores de tiempo de la LO-915_N° 6

Mes	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	HORAS DE PARALIZACIÓN	NÚMERO DE FALLAS	MTBF	MTTR
ENERO	152.00	56.00	4	38.0000	14.0000
FEBRERO	158.77	33.23	2	79.3846	16.6154
MARZO	182.77	33.23	2	91.3846	16.6154
ABRIL	127.38	56.62	7	18.1978	8.0879
MAYO	180.00	28.00	2	90.0000	14.0000
JUNIO	160.00	48.00	3	53.3333	16.0000
JULIO	163.94	28.06	2	81.9692	14.0308
AGOSTO	152.00	56.00	4	38.0000	14.0000
SETIEMBRE	166.40	41.60	3	55.4667	13.8667
OCTUBRE	170.00	30.00	2	85.0000	15.0000
NOVIEMBRE	166.15	33.85	2	83.0769	16.9231
DICIEMBRE	153.60	38.40	3	51.2000	12.8000
				63.7511	14.3283

Tabla N° 7:
Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_N° 7

Mes	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	HORAS DE PARALIZACIÓN	NÚMERO DE FALLAS	MTBF	MTTR
ENERO	172.00	36.00	2	86.0000	18.0000
FEBRERO	147.69	44.31	3	49.2308	14.7692
MARZO	184.43	31.57	2	92.2154	15.7846
ABRIL	134.46	49.54	5	26.8923	9.9077
MAYO	166.40	41.60	3	55.4667	13.8667
JUNIO	176.80	31.20	2	88.4000	15.6000
JULIO	159.51	32.49	3	53.1692	10.8308
AGOSTO	172.00	36.00	2	86.0000	18.0000
SETIEMBRE	176.00	32.00	2	88.0000	16.0000
OCTUBRE	138.46	61.54	6	23.0769	10.2564
NOVIEMBRE	173.08	26.92	2	86.5385	13.4615
DICIEMBRE	158.03	33.97	3	52.6769	11.3231
				65.6389	13.9833

Tabla N° 8:
Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_N° 8

Mes	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	HORAS DE PARALIZACIÓN	NÚMERO DE FALLAS	MTBF	MTTR
ENERO	137.60	70.40	7	19.6571	10.0571
FEBRERO	135.88	56.12	7	19.4110	8.0176
MARZO	155.35	60.65	5	31.0708	12.1292
ABRIL	141.54	42.46	5	28.3077	8.4923
MAYO	137.60	70.40	7	19.6571	10.0571
JUNIO	133.60	74.40	8	16.7000	9.3000
JULIO	135.14	56.86	7	19.3055	8.1231
AGOSTO	147.20	60.80	7	21.0286	8.6857
SETIEMBRE	153.60	54.40	7	21.9429	7.7714
OCTUBRE	129.23	70.77	8	16.1538	8.8462
NOVIEMBRE	133.85	66.15	7	19.1209	9.4505
DICIEMBRE	151.38	40.62	4	37.8462	10.1538
				22.5168	9.2570

Tabla N° 9:
Indicadores de tiempo de la unidad LO-915_N° 9

Mes	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	HORAS DE PARALIZACIÓN	NÚMERO DE FALLAS	MTBF	MTTR
ENERO	97.60	110.40	10	9.7600	11.0400
FEBRERO	94.52	97.48	9	10.5026	10.8308
MARZO	114.65	101.35	9	12.7385	11.2615
ABRIL	129.51	54.49	6	21.5846	9.0821
MAYO	153.60	54.40	6	25.6000	9.0667
JUNIO	164.80	43.20	4	41.2000	10.8000
JULIO	138.83	53.17	5	27.7662	10.6338
AGOSTO	155.20	52.80	4	38.8000	13.2000
SETIEMBRE	144.00	64.00	7	20.5714	9.1429
OCTUBRE	173.08	26.92	2	86.5385	13.4615
NOVIEMBRE	153.85	46.15	3	51.2821	15.3846
DICIEMBRE	163.94	28.06	2	81.9692	14.0308
				35.6927	11.4946

Comentario: En el grupo de Tablas N° 1 se han presentado datos de funcionamiento, paralización y número de fallas de las 9 máquinas, tomados del registro diario y mensual de los operadores de las unidades móviles; En consecuencia, se calcularon los indicadores de tiempo MTBF y MTTR correspondiente y de acuerdo a las expresiones referidas en el marco teórico.

Tabla N° 10:
Disponibilidad y confiabilidad_ Unidad Mercedes Benz LO-915_ N° 1

Mes	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
ENERO	0.5000	0.7866
FEBRERO	0.4039	0.8203
MARZO	0.4769	0.8108
ABRIL	0.5231	0.9088
MAYO	0.5385	0.8619
JUNIO	0.5385	0.8946
JULIO	0.4688	0.8431
AGOSTO	0.4904	0.8495
SETIEMBRE	0.5288	0.8277
OCTUBRE	0.4900	0.903
NOVIEMBRE	0.5450	0.9292
DICIEMBRE	0.6927	0.9715
	0.5487	0.86725

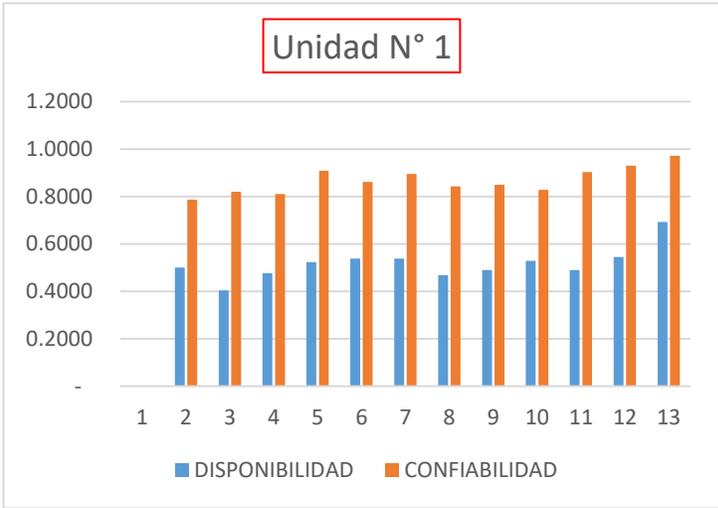


Figura 2: Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 1

Tabla N° 11:
Disponibilidad y confiabilidad Unidad LO-915_N° 2

Mes	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
ENERO	0.4154	0.8449
FEBRERO	0.6615	0.8996
MARZO	0.7077	0.9317
ABRIL	0.7192	0.92
MAYO	0.7692	0.9371
JUNIO	0.6615	0.8861
JULIO	0.6423	0.8828
AGOSTO	0.7038	0.9183
SETIEMBRE	0.7385	0.9345
OCTUBRE	0.7923	0.9508
NOVIEMBRE	0.7231	0.9204
DICIEMBRE	0.7462	0.9352
	0.6937	0.91345

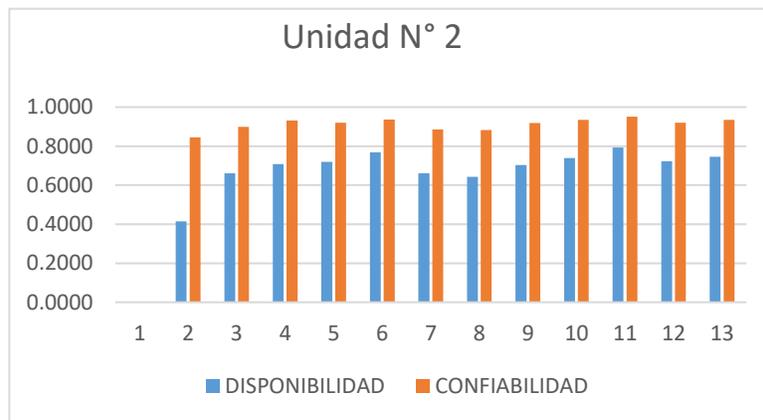


Figura 3: Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 2

Tabla N° 12:
Disponibilidad y confiabilidad Unidad LO-915_N° 3

Mes	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
ENERO	0.4654	0.8604
FEBRERO	0.5577	0.9145
MARZO	0.6462	0.94
ABRIL	0.7846	0.9748
MAYO	0.4615	0.8409
JUNIO	0.7077	0.9451
JULIO	0.7385	0.9602
AGOSTO	0.6462	0.9255
SETIEMBRE	0.6692	0.942
OCTUBRE	0.7885	0.9749
NOVIEMBRE	0.7615	0.9614
DICIEMBRE	0.7846	0.9625
	0.7053	0.9135

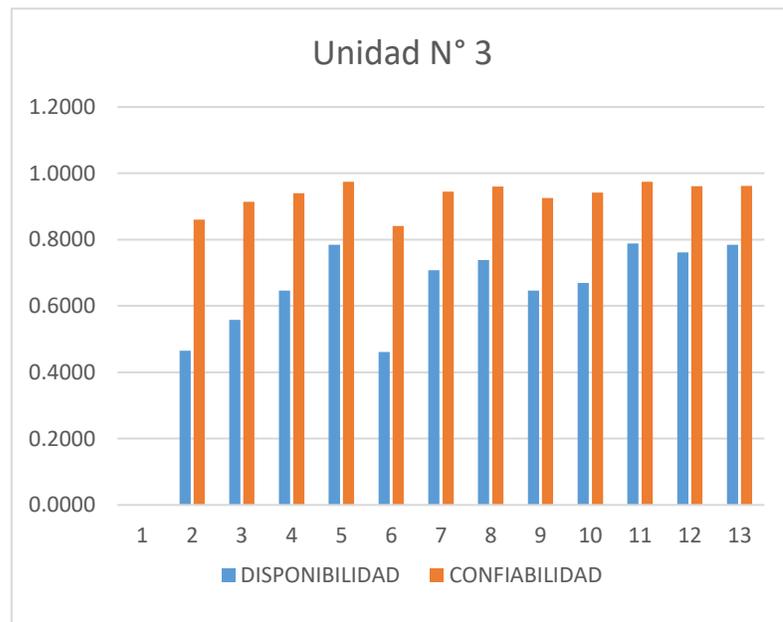


Figura 4: Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 3

Tabla N° 13:
Disponibilidad y confiabilidad Unidad LO-N915_N° 4

Mes	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
ENERO	0.8077	0.9636
FEBRERO	0.8308	0.9762
MARZO	0.7692	0.9618
ABRIL	0.8462	0.9767
MAYO	0.8538	0.9769
JUNIO	0.8269	0.9761
JULIO	0.8077	0.9636
AGOSTO	0.8192	0.9759
SETIEMBRE	0.7308	0.9597
OCTUBRE	0.8462	0.9767
NOVIEMBRE	0.8269	0.9761
DICIEMBRE	0.7692	0.9618
	0.8163	0.9704

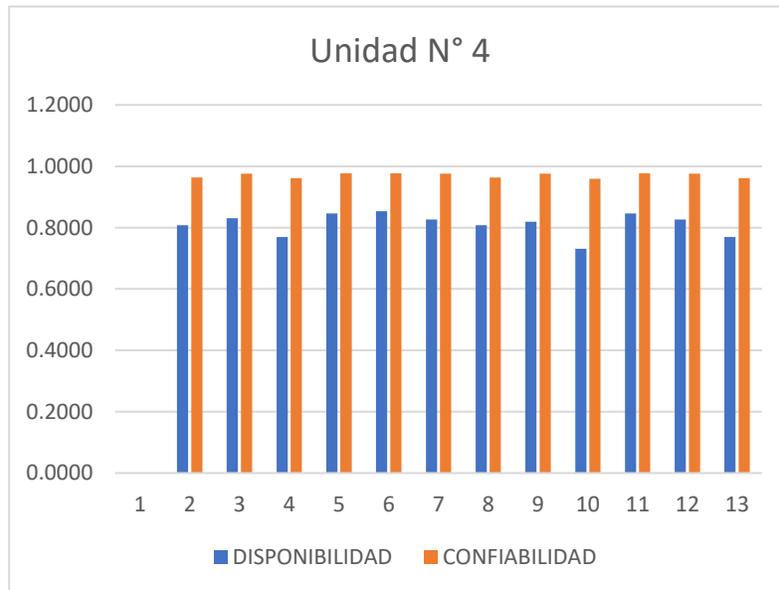


Figura 5: Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 4

Tabla N° 14:
Disponibilidad y confiabilidad Unidad LO-915_N°5

Mes	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
ENERO	0.6923	0.9038
FEBRERO	0.7692	0.9371
MARZO	0.8077	0.9517
ABRIL	0.8231	0.976
MAYO	0.7308	0.9339
JUNIO	0.8269	0.9761
JULIO	0.8462	0.9767
AGOSTO	0.8308	0.9762
SETIEMBRE	0.8077	0.9636
OCTUBRE	0.7692	0.9493
NOVIEMBRE	0.8115	0.9637
DICIEMBRE	0.7846	0.9625
	0.8055	0.9559

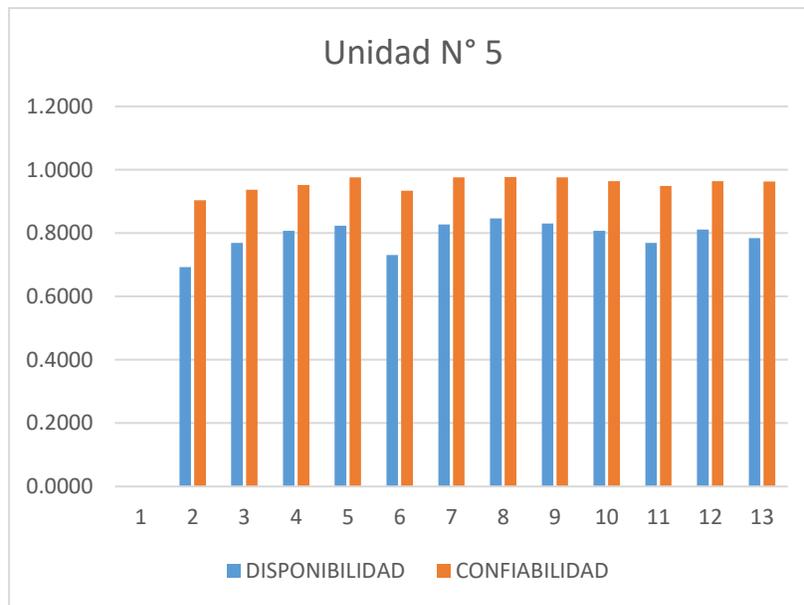


Figura 6: Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 5

Tabla N° 15:
Disponibilidad y confiabilidad Unidad Mercedes Benz LO-915_N° 6

Mes	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
ENERO	0.7308	0.9468
FEBRERO	0.8269	0.9761
MARZO	0.8462	0.9767
ABRIL	0.6923	0.9038
MAYO	0.8654	0.9772
JUNIO	0.7692	0.9618
JULIO	0.8538	0.9769
AGOSTO	0.7308	0.9468
SETIEMBRE	0.8000	0.9632
OCTUBRE	0.8500	0.9768
NOVIEMBRE	0.8308	0.9762
DICIEMBRE	0.8000	0.9632
	0.8165	0.9621

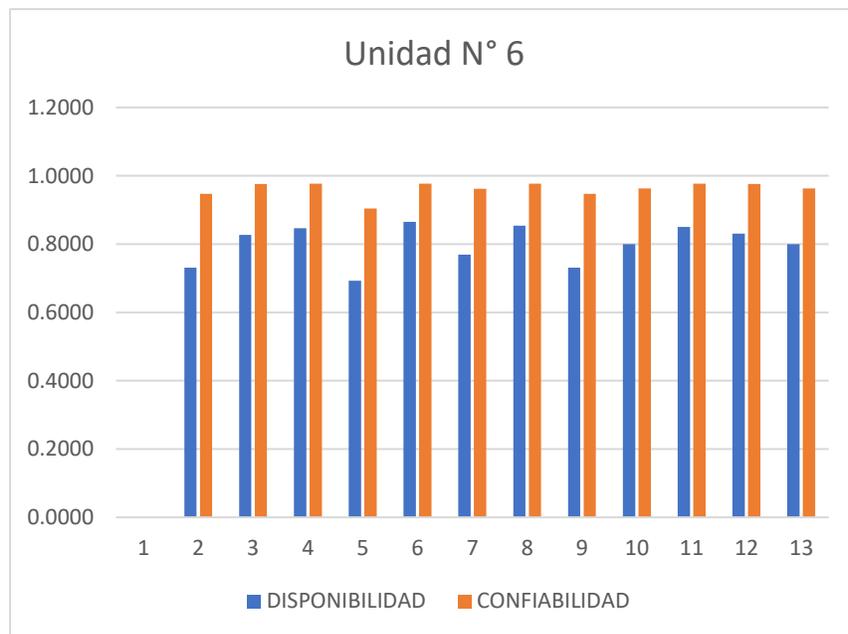


Figura 7: Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 6

Tabla N° 16:
Disponibilidad y confiabilidad Unidad Mercedes Benz LO-915_N° 7

Mes	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
ENERO	0.8269	0.9761
FEBRERO	0.7692	0.9618
MARZO	0.8538	0.9769
ABRIL	0.7308	0.9339
MAYO	0.8000	0.9632
JUNIO	0.8500	0.9768
JULIO	0.8308	0.9645
AGOSTO	0.8269	0.9461
SETIEMBRE	0.8462	0.9767
OCTUBRE	0.6923	0.917
NOVIEMBRE	0.8654	0.9772
DICIEMBRE	0.8231	0.9642
	0.8244	0.9612

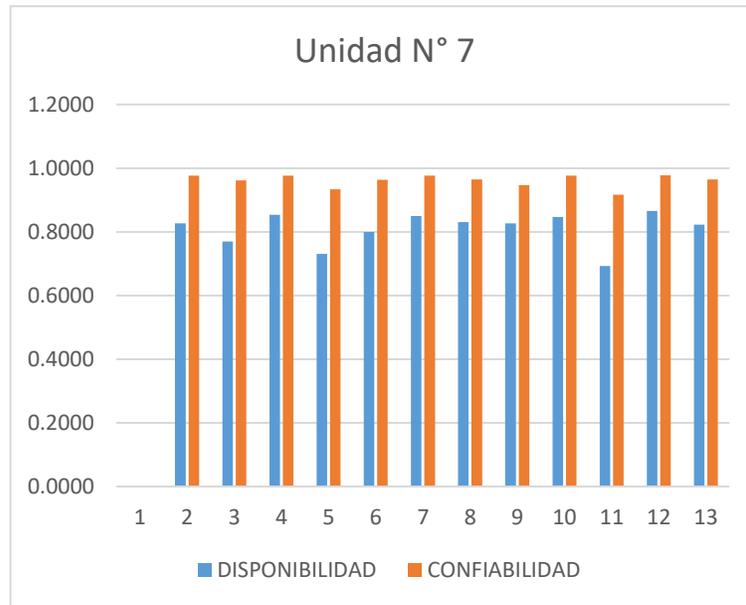


Figura 8: Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 7

Tabla N° 17:
Disponibilidad y confiabilidad Unidad Mercedes Benz LO-915_N° 8

Mes	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
ENERO	0.6615	0.8996
FEBRERO	0.7077	0.9058
MARZO	0.7192	0.9329
ABRIL	0.7692	0.9371
MAYO	0.6615	0.8996
JUNIO	0.6423	0.8828
JULIO	0.7038	0.9053
AGOSTO	0.7077	0.9058
SETIEMBRE	0.7385	0.9096
OCTUBRE	0.6462	0.8836
NOVIEMBRE	0.6692	0.9007
DICIEMBRE	0.7885	0.9506
	0.7087	0.9094

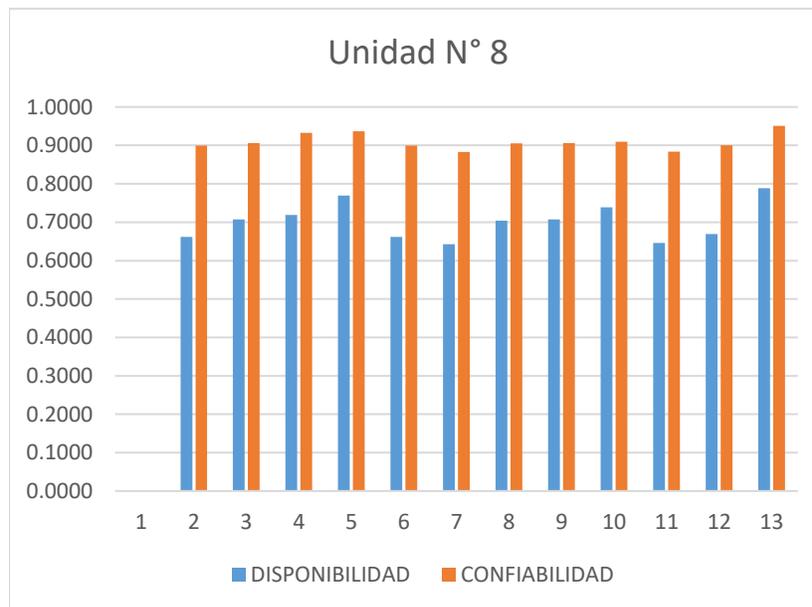


Figura 9: Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 8

Tabla N° 18:
Disponibilidad y confiabilidad Unidad LO-915_N° 9

Mes	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
ENERO	0.4692	0.8081
FEBRERO	0.4923	0.8329
MARZO	0.5308	0.844
ABRIL	0.7038	0.9183
MAYO	0.7385	0.9219
JUNIO	0.7923	0.9508
JULIO	0.7231	0.9332
AGOSTO	0.7462	0.9478
SETIEMBRE	0.6923	0.9038
OCTUBRE	0.8654	0.9772
NOVIEMBRE	0.7692	0.9618
DICIEMBRE	<u>0.8538</u>	<u>0.9769</u>
	0.7564	0.9147

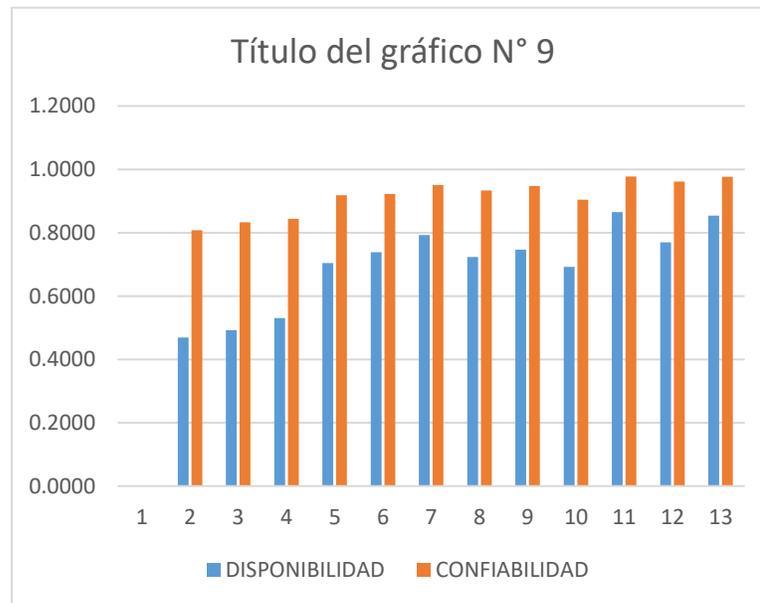


Figura 10: Indicadores de disponibilidad y confiabilidad Unidad 9

Tabla N° 19:
Resumen de indicadores iniciales

UNIDAD MÓVIL	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 1	228.9258	188.2742	0.5487	0.8673
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 2	283.9080	125.3873	0.6937	0.9135
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 3	479.8932	200.4878	0.7053	0.9335
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 4	847.8821	190.7846	0.8163	0.9704
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 5	652.2586	157.4557	0.8055	0.9559
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 6	765.0132	171.9392	0.8165	0.9621
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 7	787.6667	167.8000	0.8244	0.9612
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 8	270.2015	111.0842	0.7087	0.9095
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 9	428.3130	137.9347	0.7564	0.9147
			<u>0.7417</u>	<u>0.9320</u>

Fuente: Elaboración Propia.

3.2. Elaborar un análisis de criticidad de las unidades Mercedes Benz LO-915

3.2.1. Análisis de criticidad de las Máquinas:

Para calcular la frecuencia y las consecuencias, se empleó la hoja de determinación de equipos críticos de las máquinas Mercedes Benz LO-95 que, obviamente si tienen desempeño y fallas similares, se ha asumido como suficiente la determinación y el análisis de 3 unidades representativas dentro de la muestra de la maquinaria:

Tabla N° 20:

RESUMEN DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915 N° 1

N°	FALLA	CLASIFICACIÓN	PLAN DE MTTTO	VALOR DE CRITICIDAD
1	CHASIS	SEMI CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	96
2	SISTEMA ELÉCTRICO	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	128
3	SISTEMA MECÁNICO DE MOTOR	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	320
4	SISTEMA HIDRÁULICO	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	640
5	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	256
6	SISTEMA DE SUSPENSIÓN	NO CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	42
7	SISTEMA DE FRENOS	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	144

Tabla N° 21:

RESUMEN DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915 N° 5

N°	FALLA	CLASIFICACIÓN	PLAN DE MTTTO	VALOR DE CRITICIDAD
1	CHASIS	SEMI CRITICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	96
2	SISTEMA ELÉCTRICO	CRITICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	126
3	RODAJES	CRITICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	128
4	PERNOS ROTOS	NO CRITICO	PERTENIMIENTO CORRECTIVO	72
5	FUGAS DE ACEITE	CRITICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	216
6	MOTOR DE GIRO	CRITICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	160
7	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CRITICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	256

8	BASES O DESCANSOS	SEMICRITICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	84
9	SISTEMA DE FRENOS	CRITICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	144

Tabla N° 22:

RESUMEN DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE LA UNIDAD MERCEDES BENZ N° 9

N°	FALLA	CLASIFICACIÓN	PLAN DE MTTTO	VALOR DE CRITICIDAD
1	CHASIS	CRITICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	192
2	SISTEMA HIDRÁULICO	CRITICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	160
3	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	CRITICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	320
4	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CRITICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	160
5	SISTEMA ELÉCTRICO	CRITICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	200
6	SISTEMA DE INYECCIÓN	SEMI CRITICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	80
7	SISTEMA DE SUSPENSIÓN	NO CRITICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	42
8	SISTEMA MECÁNICO DE MOTOR	CRITICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	160
9	SISTEMA DE FRENOS	CRITICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	144

3.2.2. Establecer mediante el Análisis de modos y efectos de fallos (AMEF) y el Número de prioridad de riesgos (NPR), las fallas críticas preponderantes.

En los cuadros que siguen, se muestran los AMEF correspondientes a cada falla crítica de cada máquina. Esto se lleva a cabo mediante la creación de las hojas de información y decisiones.

Tabla 23:
Hoja de información de la maquina Mercedes Benz LO 915 N° 1

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	MAQUINA Mercedes Benz LO-915 N° 1		INGENIERO SUPERVISOR	FECHA	Hoja 1/1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
Sostener la estructura y el peso de la unidad, incluyendo el asiento de la cabina y el motor	Imposibilidad para sostener el chasis de la máquina debido a grietas en su base	A consecuencia del tránsito continuo y baches de las vías, la unidad presenta rajaduras en el chasis, ocasionadas por vibración.	De acuerdo al nivel de desgaste, puede que no sea factible reparar las grietas de manera adecuada, lo que podría impedir que el sistema alcance la resistencia necesaria para soportar el motor. Se sugiere reemplazar la base completa con nuevas placas de acero.		
Proveer la energía suficiente para el funcionamiento de la unidad móvil, asegurando la adecuación de los circuitos.	Desconexión de los sistemas eléctricos que controlan el funcionamiento del sistema cardánico.	A causa de la alta humedad y el esfuerzo de la máquina, el sistema eléctrico se bloquea y provoca la detención de la unidad.	Detención de la máquina debido a la incapacidad de transmitir la velocidad al componente cardánico.		
Realizar el inicio de las operaciones de la unidad móvil	Paralización del motor en pleno	EL SISTEMA MECÁNICO DEL	Paralización de la unidad, por accionamiento del elemento de seguridad de la unidad		

y ser la fuente de potencia, necesaria para el desplazamiento. Y movilidad.	funcionamiento e imposibilidad de arranque.	MOTOR se bloquea porque el eje del sector de la caja de la dirección sufrió rotura.	(sistema electrónico).
Transmitir potencia hacia los sistemas de dirección y embrague de la unidad móvil.	Transfiere el aceite especial, para generar la presión necesaria para el funcionamiento de la dirección y el embrague de la unidad.	Debido a la falta de aceite (Hidrolina) en el tanque del sistema hidráulico principal, no se proporciona el suministro necesario a los componentes de dirección y embrague de la unidad.	Trabamiento de los sistemas de dirección y caja de cambios por inactividad del embrague hidráulico.
Mantener la temperatura del motor en condiciones óptimas para asegurar el correcto funcionamiento de la unidad.	Recalentamiento del motor y activación de señales de alerta.	A consecuencia de obstrucción interna en las celdas del radiador, el sistema de refrigeración se satura y se disparan las alarmas correspondientes.	Detención instantánea de máquina para prevenir el daño a la empaquetadura de la culata y/o el colapso del motor.
Control de velocidad y paralización del vehículo.	Falta de aire comprimido para el funcionamiento de frenos.	Al comprobarse la inactividad de los pedales de FRENOS , se analiza y se determina la baja presión en las líneas de aire procedentes del compresor.	Imposibilidad de poner en operación a la unidad. Mediante herramientas predictivas se determinará la causa de pérdida de presión de aire al sistema de frenos.

Tabla 24:
Hoja de información de la maquina Mercedes Benz LO 915 N° 5

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	MÁQUINA VOLVO EC380280596 # 2		INGENIERO SUPERVISOR	FECHA	Hoja 1/1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
Soportar la estructura y el peso de la máquina, abarcando el asiento de la cabina y el motor.	Incapacidad para sostener la estructura de la máquina debido a grietas en su base.	Debido al terreno sinuoso e irregular, la máquina presenta grietas en la zona del chasis por las altas vibraciones.	De acuerdo al nivel de desgaste, puede que no sea factible reparar las grietas de manera adecuada, lo que podría impedir que el sistema alcance la resistencia necesaria para soportar el motor. Se sugiere reemplazar la base completa con nuevas placas de acero		
Proveer la carga necesaria para el funcionamiento de la unidad, asegurando la adecuación a los circuitos.	Desconexión de los sistemas eléctricos responsables del control del accionamiento del sistema cardánico.	La excesiva humedad y el esfuerzo del sistema provocan el bloqueo del sistema eléctrico, lo que detiene la unidad.	Detención de la unidad debido a la imposibilidad de transmitir velocidad al elemento cardánico.		
Mejorar el rendimiento de los sistemas de accionamiento, transmisión y rodadura de las unidades.	Imposibilidad para transferir el par de torsión de la unidad.	La vibración excesiva, la mala lubricación y la humedad en el ambiente causan desgaste en los rodamientos, alteraciones y deformaciones en los elementos rodantes, y colapsan las pistas de rodadura.	Reducción de la eficiencia operativa de la maquinaria, ya que no permite realizar tareas efectivas. Estas fallas deben ser previstas mediante mantenimiento predictivo y los rodamientos deben ser reemplazados a tiempo.		
Lubricar eficazmente el diferencial del equipo.	Imposibilidad de retención de lubricante debido a un empaque inadecuado.	La falta de un adecuado sellado mecánico resulta en fugas de aceite en el diferencial de la unidad.	Detención de la unidad por la imposibilidad de transmitir velocidad al elemento cardánico.		

Fuerza motriz necesaria para accionar el sistema final de dirección de la unidad.	Imposibilidad de transmisión del par a los terminales de dirección.	La polución y parafinas provoca la paralización del motor de giro de la dirección, activando el fusible correspondiente.	Deslizamiento del terminal de dirección, sin engranaje o acoplamiento para la activación de la tracción en las cuatro ruedas. Es necesario revisar el motor..
Mantener la temperatura del motor en condiciones óptimas para asegurar el correcto funcionamiento de la unidad.	Recalentamiento del motor con activación de las señales de alerta.	El taponamiento interno en las secciones del radiador provoca la saturación del sistema de refrigeración y activa las alarmas indicativas.	Detención instantánea de máquina para prevenir el daño a la empaquetadura de la culata y/o el colapso del motor.
Control de velocidad y paralización del vehículo.	Falta de aire comprimido para el funcionamiento de frenos.	Al comprobarse la inactividad de los pedales de FRENOS , se analiza y se determina la baja presión en las líneas de aire procedentes del compresor.	Imposibilidad de poner en operación a la unidad. Mediante herramientas predictivas se determinará la causa de pérdida de presión de aire al sistema de frenos.

Tabla 25:
Hoja de información de la maquina Mercedes Benz LO 915 N° 9

HOJA DE INFORMACION RCM	MAQUINA VOLVO EC750280125 # 3		INGENIERO SUPERVISOR	FECHA	Hoja 1/2
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
Sostener toda la estructura y el peso de la máquina, incluyendo el asiento de la cabina y el motor.	Imposibilidad para sostener el chasis de la máquina debido a grietas en su base	A consecuencia del terreno bachoso, la unidad presenta rajaduras en el chasis, ocasionadas por vibración.	De acuerdo al nivel de desgaste, puede que no sea factible reparar las grietas de manera adecuada, lo que podría impedir que el sistema alcance la resistencia necesaria para soportar el motor. Se sugiere reemplazar la base completa con nuevas placas de acero		

Transferir fuerza a los sistemas de dirección y embrague de la unidad móvil.	Utiliza aceite para generar presión idónea en el funcionamiento del sistema de dirección y del embrague de la máquina.	Por bajo nivel de aceite (Hidrolina) en tanque del sistema hidráulico principal existe desabastecimiento hacia los componentes de dirección y embrague de la unidad.	Trabamiento de los sistemas de dirección y caja de cambios por inactividad del embrague hidráulico.
El aceite es esencial para el funcionamiento y no se permite nivel bajo. Si hay fugas, deben ser controladas de inmediato.	Baja presión producida por falta de fluido debido a un sellado deficiente.	Las fugas de aceite en el motor y la transmisión, causadas por deficiencias en los o'rings, afectan al sistema de lubricación.	El bajo de aceite ocasiona que el accionamiento del motor sea deficiente. Se debe detener la máquina.
Mantener la temperatura del motor en condiciones óptimas a fin de garantizar su trabajo adecuado de la máquina.	Activación de alarmas por calentamiento excesivo del motor.	El taponamiento interno en las secciones del radiador provoca la saturación del sistema de refrigeración y activa las alarmas indicativas	Detención inmediata de la unidad para evitar daños en la empaquetadura de la culata o la fundición del motor.
Proveer energía para el funcionamiento de la móvil, garantizando la correcta operatividad de los circuitos.	Desconexión de los sistemas eléctricos responsables del control del accionamiento del sistema cardánico.	La humedad del ambiente y el esfuerzo del sistema producen falla en el sistema eléctrico y la máquina tiene que parar.	Detención de la unidad debido a la imposibilidad de transmitir velocidad al elemento cardánico.
Atomización adecuada de combustible a fin de asegurar la eficiente explosión en el arranque del motor.	Calibración inadecuada de inyectores produce imperfecciones de motor y provoca su envejecimiento.	Los inyectores fallan debido al desajuste del motor, afectando el sistema de inyección.	Pérdida de potencia del motor que provoca el apagado de la máquina. Se deben cambiar los inyectores.
Realizar el apertura del trabajo de la unidad móvil y ser la fuente de	Paralización del motor en pleno funcionamiento e	El sistema mecánico del motor se bloquea debido a la rotura del eje del sector de la	Detención de la unidad debido al accionamiento del sistema de seguridad electrónico.

potencia, necesaria para el desplazamiento. Y movilidad.	imposibilidad de arranque.	caja de dirección.	
Control de velocidad y paralización del vehículo.	Falta de aire comprimido para el funcionamiento de frenos.	Al comprobarse la inactividad de los pedales de FRENOS , se analiza y se determina la baja presión en las líneas de aire procedentes del compresor.	Incapacidad para poner en operación la unidad. Utilizando herramientas predictivas se identificará la causa de falta de presión de aire en el sistema neumático de frenos.

3.2.3. Número de prioridad de riesgos (N.P.R.)

En la tabla siguiente se muestra la recopilación de todas las fallas de las máquinas descritas. Esta información se utiliza para determinar los valores NPR para cada falla identificada en el AMEF y clasificarlas como inaceptables, reducibles a deseables, o aceptables. Se incluyen los puntajes del AMEF.

NPR >200 **Inaceptable (I)**
 200 > NPR < 125 **reducible a deseable (R)**
 125 > NPR **Aceptable**

Tabla 26:
Análisis del Número de prioridad de riesgos

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA CRÍTICA	G	O	D	NPR
F1	Grietas en la zona del chasis.	10	5	7	350
F2	El sistema eléctrico se bloquea y provoca la detención de la unidad..	8	6	8	320
F3	El sistema mecánico del motor se bloquea debido a la rotura del eje del sector de la caja de dirección.	10	5	5	250
F4	El nivel bajo de aceite (Hidrolina) en el tanque hidráulico principal impide el abastecimiento a los componentes de dirección y embrague de la unidad.	6	7	5	210
F5	El sistema de refrigeración se congestiona y se activan las alarmas correspondientes.	8	4	5	160
F6	Los retenes de los mandos finales se resecan y rajan	7	4	4	112
F7	El sistema mecánico del motor se bloquea debido a la rotura del eje del sector de la caja de dirección.	10	5	8	400
F8	Los rodamientos se desgastan, sus elementos rodantes presentan alteraciones y las superficies de rodadura se deterioran.	10	3	8	240
F9	La falta de un buen sellado mecánico provoca fugas de aceite en el diferencial de la unidad.	8	3	5	120
F10	Inactividad de los frenos debido a la baja presión en las líneas de aire provenientes del compresor.	9	5	7	315
F11	Se observan fallas en el sistema de lubricación del motor y en la transmisión.	9	4	6	216
F12	Fallas en los inyectores debido al desajuste de motor en la etapa de admisión.	7	5	5	175

En resumen, se puede concluir que 8 fallas son indeseables (66.7%), 3 fallas pueden reducirse a deseables (25.0%), y 1 falla es aceptable (8.3%).

3.3. Implementar un plan de mantenimiento basado en la condición para las unidades Mercedes Benz LO-915 en una empresa distribuidora en Trujillo

3.3.1. Plan de Mantenimiento Obligatorio.

Un programa de servicio es un resumen de los intervalos de mantenimiento para modelos específicos, y debe utilizarse como lista de verificación durante las inspecciones de mantenimiento. El programa de servicio indica los intervalos en condiciones de operación estándar.

Motivo

El plan de mantenimiento obligatorio para las máquinas Mercedes Benz LO-915 fue revisado, y se eliminó la obligación de realizar mantenimientos cada 250 horas.

IMPORTANTE

El cambio de aceite del motor cada 500 horas o 5000 kilómetros es aplicable únicamente si se usa aceite de motor VDS-4 15W40. Este tipo de aceite contribuye a extender la vida útil del motor en condiciones extremas y ofrece un rendimiento sobresaliente. Para que el cambio de aceite cada 500 horas sea efectivo, el combustible debe cumplir con la especificación de contener menos del 0,3% de azufre. La siguiente tabla debe servir como referencia.

Aceite	% de Azufre en el combustible		
VDS4	< 0,3%	0,3 - 0,5%	> 0,5%
	500h	250h	125h

Acción

En lo sucesivo a este año, el Plan de Mantenimiento Obligatorio de la maquinaria Mercedes Benz LO-915 seguirá las siguientes directrices:

- Secuencia de Mantenimientos Obligatorios: cada 500 horas o 5000 kilómetros.
- Las especificaciones se encuentran en el programa de servicio.

3.3.2. Mantenimiento Obligatorio por garantía

Motivo

Las actualizaciones de algunos modelos de dispositivos han creado diferencias en los requisitos de mantenimiento al comparar los períodos de garantía con las instrucciones de funcionamiento. Por lo tanto, a partir de ahora, el primer mantenimiento obligatorio se llevará a cabo según las indicaciones del manual del usuario, en función del modelo y serie del producto. Para que la garantía de fábrica sea válida, la máquina debe seguir el programa de mantenimiento específico para cada equipo. Los procedimientos de servicio deben ser llevados a cabo por un concesionario autorizado de Mercedes Benz.

HORAS DE FUNCIONAMIENTO / INTERVALO	Primeras	Intervalo estándar, cada							Intervalo adicional, cada
	500	10	50	250	500	1000	2000	4000	6000
Máquina, comprobación de daños externos, grietas y daños por desgaste.		<input type="checkbox"/>							
Nivel de líquido de lavado, control		<input type="checkbox"/>							
Nivel de aceite del motor, control			<input type="checkbox"/>						
Nivel del refrigerante, control			<input type="checkbox"/>						
Nivel del aceite hidráulico, control			<input type="checkbox"/>						
Motor, aceite y filtro, cambio. Intervalo más corto según sea necesario (en caso de alto contenido de azufre en el combustible). Requisito para intervalo de cambio de 500 horas en el Libro de instrucciones.					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Filtro de combustible, cambio					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 11: Programa de servicio específico.

Fuente: Data de concesionario Mercedes Benz

El representante de la marca Mercedes Benz recibirá el reembolso de hasta 3 horas a costo garantía (YSD 35/H:H) durante el período de inspección de 100 horas de trabajo, para equipos cuya primera inspección obligatoria de acuerdo al PROSIS, cuya tolerancia será de acuerdo al kilometraje con un +/- de 200 Km respecto al vencimiento.

Observación

Para los equipos en que el mantenimiento de 100 hrs. es obligatorio, es necesario registrar el mantenimiento de 100 hrs. en el sistema. Las revisiones requeridas cada 1000 hrs. de funcionamiento se pueden realizar con la tolerancia de $\pm 10\%$ en el contador de horas durante el periodo de garantía (1 año), y el trabajo de las inspecciones programadas es responsabilidad del concesionario en coordinación con el cliente.

Acción

El Plan de Mantenimiento Obligatorio (Estándar a cada 500 Hrs. y por garantía) de equipos Mercedes Benz LO-915 será de acuerdo a las siguientes instrucciones:

EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SDLG									
EQUIPO	SERIE	MODELO	INTV	100	250	500	1000	1500	2000
CAMIONES MERCEDES BENZ	GRUPO 1	LO - 915	500	G		O	G	O	O
			500	G		O	G	O	O
			500	G		O	G	O	O
			500	G		O	G	O	O
			500	G		O	G	O	O
			500	G		O	G	O	O
			500	G		O	G	O	O
			500	G		O	G	O	O
CAMIONES MERCEDES BENZ	GRUPO 2	LO - 915	500			O	G	O	O
			500			O	G	O	O
			500			O	G	O	O
			500			O	G	O	O
			500			O	G	O	O
			500			O	G	O	O
			500			O	G	O	O
			500			O	G	O	O

G	Mantenimiento obligatorio por garantía: Incluye costos de mano de obra, desplazamiento y viáticos, deberá ser asumido por Mercedes Benz según tarifario. El costo de insumos (filtros y lubricantes) deberá ser asumido por el cliente.
O	Mantenimiento estándar obligatorio: A cada 500 horas, utilizando insumos genuinos, el costo de este mantenimiento deberá ser

3.3.3. Programa de Mantenimiento:

Según el análisis de criticidad, se ha identificado que 3 equipos son los más representativos, sobre los cuales desarrollaremos nuestro programa. El plan de mantenimiento preventivo se elaboró durante un período de 5 meses (de enero a mayo), resultando en los siguientes resultados:

Tabla 27:
Evaluación posterior Unidad Mercedes Benz LO-915 N° 1

Descripción de la falla	Frecuencia Vez/Meses
Líquido de frenos deteriorado	0
Neumáticos del vehículo desalineados	1
Fugas por los retenes	1
Filtro de aire roto	0
Fajas de distribución dañadas	1
Junta de culata deteriorada	0
Terminales de la batería rotos	1
Pastillas de frenos desgastadas	0
Averías en el compresor de aire	0
Filtro de combustible en mal estado	0
TOTAL	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28:
Evaluación posterior Unidad Mercedes Benz LO-915 N° 5

Descripción de la falla	Frecuencia Vez/Meses
Líquido de frenos deteriorado	0
Amortiguadores en mal estado	1
Desgaste de los bujes	0
Fugas en los retenes	0
Problemas con el radiador	1
Desgaste de los componentes mecánicos de la dirección	1
Pastillas de frenos desgastadas	0
Averías en el compresor de aire	0
Dificultades al arrancar el motor	0
TOTAL	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29:
Evaluación posterior Unidad Mercedes Benz LO-915 N° 9

Descripción de la falla	Frecuencia Vez/Meses
Desgaste de los bujes	0
Válvulas del motor deterioradas	1
Rotura de la correa del alternador	0
Desgaste de las pastillas de frenos	0
Desgaste de la superficie de caja del embrague	1
Problemas con el radiador	0
Desgaste de los rodamientos de las ruedas	0
Fallas en el sistema de inyección	0
Rotura del caucho de la válvula de aire de la transmisión	0
TOTAL	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla :
Programación de Unidad Mercedes Benz LO-915 N° 9

TRABAJOS PROGRAMADOS							
CAMION	CRONOGRAMA DE PLANES DE MANTENIMIENTO						
	Plan	Fecha Próxima	Duración	Descripción	Oficina a Realizar	Fecha Realizada	Orden de Servicio
A00	PM-01	10-Ago-24	01 día	PLAN DE MANTENIMIENTO 01	TALLER-TRUJILLO		
	PM-02	8-Nov-24	01 día	PLAN DE MANTENIMIENTO 02	TALLER-TRUJILLO		
	PM-03	6-Feb-25	01 día	PLAN DE MANTENIMIENTO 03	TALLER-TRUJILLO		
	PM-04	7-May-25	02 días	PLAN DE MANTENIMIENTO 04	TALLER-TRUJILLO		
PLANES DE MANTENIMIENTO							
A01	PM-01	18-Ago-24	01 día	PLAN DE MANTENIMIENTO 01	TALLER-TRUJILLO		
	PM-02	16-Nov-24	01 día	PLAN DE MANTENIMIENTO 02	TALLER-TRUJILLO		
	PM-03	14-Feb-25	01 día	PLAN DE MANTENIMIENTO 03	TALLER-TRUJILLO		
	PM-04	15-May-25	02 días	PLAN DE MANTENIMIENTO 04	TALLER-TRUJILLO		
PLANES DE MANTENIMIENTO							
A02	PM-01	19-Ago-24	01 día	PLAN DE MANTENIMIENTO 01	TALLER-TRUJILLO		
	PM-02	17-Nov-24	01 día	PLAN DE MANTENIMIENTO 02	TALLER-TRUJILLO		
	PM-03	15-Feb-25	01 día	PLAN DE MANTENIMIENTO 03	TALLER-TRUJILLO		
	PM-04	16-May-25	02 días	PLAN DE MANTENIMIENTO 04	TALLER-TRUJILLO		

Tabla :
Programa de mantenimiento de Unidad Mercedes Benz LO-915 N° 9

PM 1			
		PARAMETRO : 10,000 KM.	
CAMIONES: A00-A01-A02-A03-A04-A05-A06			
MODELO: LO-915			
ITEM	OPERACION	TIEMPO	OBSERVACIONES
01	Cambiar aceite de motor y filtros		
02	Lavar y engrasar Camion		
03	Cambiar filtro de aire primario		
04	Limpia zapatas de freno delanteros		
05	Limpia zapatas de freno posteriores		
06	Mantenimiento del aire acondicionado		
07	Mantenimiento de Baterias		
08	Aplicar mantenimiento predictivo		
09	Revisar cable de acelerador		
10	Revisar de neumáticos		
11	Revisar fajas de alternador		
12	Revisar fajas de ventilador		
13	Revisar funcionamiento del alternador		
14	Revisar funcionamiento del arrancador		
15	Revisar luces en general		
16	Revisar sistema electrico de limpiaparabrisas		

3.4. Determinar la disponibilidad y confiabilidad de las unidades Mercedes Benz LO-915 en una empresa distribuidora en Trujillo, luego de implementar el plan de mantenimiento.

Según los resultados del NPR, se resolverá el 66.7% de las fallas en todas las unidades Mercedes Benz LO-915, quedando un 33.3% de fallas que seguirán siendo consideradas como deseables o aceptables.

CUADRO RESUMEN:

DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO EN MEJORA.

Tabla 30:
Indicadores en mejora:

UNIDAD MOVIL	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 1	354.5047	62.6953	0.8497	0.9683
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 2	367.5413	41.7540	0.8980	0.9660
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 3	613.6185	66.7624	0.9019	0.9536
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 4	975.1354	63.5313	0.9388	0.9703
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 5	757.2815	52.4327	0.9352	0.9652
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 6	879.6966	57.2558	0.9389	0.9618
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 7	899.5893	55.8774	0.9415	0.9634
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 8	344.2947	36.9910	0.9030	0.9654
UNIDAD MERCEDES BENZ LO-915_N° 9	520.3154	45.9322	0.9189	0.9681
			0.9140	0.9647

Comentarios:

- Para calcular el primer resultado: $MTTR = 15.6895 * 0.333 = 5.2246$ horas/año; $MTBF = (15.6895 - 5.2246) + 19.0772 = 29.5421$ horas/año; $C(t) = e^{((-\gamma * tpp) / 100) * 100}$.
- Usando esta metodología, se determinó el MTTR, MTBF y C(t) para cada equipo.
- Se observa de la contrastación de cuadros resumen que: La disponibilidad tiene un incremento desde 74.17% ha 91.40%; y, la confiabilidad desde 93.20% hasta 96.47%

3.5. Elaborar el análisis económico-financiero para definir el impacto económico de la ejecución del plan basado en la condición en la empresa de distribución en Trujillo.

3.5.1. Beneficios económicos en reducción de horas perdidas:

Tabla 31:
Beneficio en reducción de horas perdidas de las unidades Mercedes Benz LO-915.

UNIDADES MERCEDEZ BENZ LO-915	MTTR ACTUAL (Hrs/año)	MTTR MEJORA (Hrs/año)	AHORRO EN HORAS PERDIDAS (Hrs/año)	COSTOS DE OPERACIÓN (US\$/Hr)	AHORRO (US\$/año)
Unidad N° 1	188.2742	62.6953	125.5789	150.00	18836.83
Unidad N° 2	125.3873	41.7540	83.6333	150.00	12544.99
Unidad N° 3	200.4878	66.7624	133.7253	150.00	20058.80
Unidad N° 4	190.7846	63.5313	127.2533	150.00	19088.00
Unidad N° 5	157.4557	52.4327	105.0229	150.00	15753.44
Unidad N° 6	171.9392	57.2558	114.6834	150.00	17202.52
Unidad N° 7	167.8000	55.8774	111.9226	150.00	16788.39
Unidad N° 8	111.0842	36.9910	74.0931	150.00	11113.97
Unidad N° 9	137.9347	45.9322	92.0024	150.00	13800.36
TOTAL			967.9154	150.00	145187.31

Por lo tanto, el beneficio económico en ahorro por reducción de fallas es:

$$B_{\text{ahorro fallos}} = 145187.31 \frac{\text{US\$}}{\text{año}}$$

3.5.2. Costos para la implementación del mantenimiento predictivo.

Tabla 32:
Costos en mantenimiento predictivo en unidades Mercedes Benz

ACCIÓN	FRECUENCIA	COSTO UNITARIO (US\$)	COSTO TOTAL (US\$/año)
Análisis de aceite	108 veces/año	18.00	1944
Análisis vibracional a los rodamientos	54 veces/año	25.00	1350
Análisis termo gráfico	108 veces/año	12.00	1296
Total			4590.00

3.5.3. Costos para la implementación del mantenimiento preventivo

Tabla 33:
Costos en mantenimiento preventivo en unidades Mercedes Benz

DESCRIPCION	Cantidad	Intervalo	Precio Unitario	Precio TOTAL
MOTOR				
ACEITE 15W40 (Bidón de 20 l)	60 l	500	120.50	1084.50
FILTRO DE ACEITE	1	500	30.00	270.00
FILTRO ACEIT LONGL	1	500	25.00	225.00
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1	500	59.00	531.00
FILTRO DE AIRE PRIMARIO	1	2000	155.00	1395.00
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	1		122.00	1098.00
FILTRO SEPARADOR DE AGUA	1	500	110.00	990.00
FILTRO DE AIRE - RESPIRADERO DEPOSITO DE COMB.	1	2000	28.00	252.00
REFRIGERANTE PARA RADIADOR (20 LTS) AMARILLO	65 l	6000	98.00	882.00
TRANSMISION DE POTENCIA				
ACEITE PARA CAJA DE CAMBIOS (Bidón de 20 l)	40 l	2000	110.00	990.00
ACEITE PARA CAJA DE ENGRANAJES DE GIRO 80W90 (Bidón de 20 l)	12 l	1000	52.00	468.00
CABINA				
FILTRO CONDUCTO DE AIRE DE VENTILACIÓN	1	2000	54.00	486.00
FILTRO AIRE DE ACONDICIONADO	1		75.00	675.00
SISTEMA HIDRAULICO				
ACEITE HIDRÁULICO SUPER ISO VG68 (Cilindro de 208 l)	350 l	2000	1015.00	9135.00
CARTUCHO	2	1000	240.00	2160.00
ELEMENTO	1	1000	42.00	378.00
CARTUCHO	1	1000	93.00	837.00
ELEMENTO DE RESPIRADERO	1	2000	294.00	2646.00
TOTAL :				24502.50

3.5.4. Beneficio útil:

Tabla 34:
Resumen de los costos de mantenimiento

Ahorro en horas perdidas	+ 145187.31US\$/año
Costos predictivos	- 4590.00US\$/año
Costos preventivos	- 24502.50US\$/año
Beneficio útil	116094.81 US\$/año

3.5.5. Inversión en tecnología para la implementación del RCM basado en el AMEF

Tabla 35:
Inversión en activos fijos

ACTIVOS FIJOS	UNIDAD	VALOR UNITARIO (US\$)	VALOR TOTAL (US\$)
Vibrómetro PCE-VD 3	1	10000.00	10000.00
Cámara termográfica PCE-TC	1	5000.00	5000.00
Banco de aceite para análisis PODS	1	30000.00	30000.00
Estación de servicios de aire comprimido y reparación de neumáticos	1	45000.00	45000.00
Instrucción al personal	12	200	2400.00
Costo total			92400.00

3.5.6. Retorno operacional de la inversión

$$R. O. I = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio útil}}$$

$$R. O. I = \frac{92400.00 \text{ US\$}}{116094.81 \text{ US\$/año}}$$

$$R. O. I = 0.7959 \text{ años} \approx 10 \text{ meses}$$

IV. DISCUSIÓN

En la investigación se presenta un plan de mantenimiento basado en la condición para evaluar su impacto en la disponibilidad y confiabilidad de la flota liviana en una empresa distribuidora en Trujillo. Se calcularon los indicadores antes y después de la implementación del plan, se estimó el aumento en la confiabilidad, se evaluaron los costos de las medidas preventivas y se analizó la viabilidad económica de llevar a cabo el plan. Así, se proyecta una mejora en las condiciones y en los principales indicadores de mantenimiento.

Como se mencionó anteriormente, se calcularon la disponibilidad y confiabilidad durante un año de operaciones, específicamente en 2023, que ofreció una visión representativa. A continuación, se analizan los factores que influyen en la disponibilidad y confiabilidad operativa.

En la matriz de operacionalización de variables, se observa que estos indicadores se consideran en una escala porcentual. Por lo tanto, se analizó la información recolectada sobre tiempos de operación y tiempos de parada debido a fallas. Esto reveló que tanto la disponibilidad como la confiabilidad estaban en niveles bajos e inaceptables. Además, se evaluaron los resultados sobre la satisfacción con el proceso general de mantenimiento de la empresa. Al encuestar a los colaboradores, la mayoría expresó una tendencia positiva, aunque también reconocieron que la situación podría mejorar. Por otro lado, el aspecto más débil identificado fue la incomodidad de los trabajadores ante cambios imprevistos. (Bruce y Eyres, 2021) indican que esto es común ya que el entorno laboral a menudo no permite una planificación exacta, lo cual es una observación válida.

Se ha procedido a calcular la disponibilidad y confiabilidad iniciales, resultando 74.17% y 93.20%, respectivamente. En este nivel, se considera que es adecuado; sin embargo, (Reyes-Picknell, 2017) sostienen que la confiabilidad operacional puede alcanzar hasta un 92% cuando se aplican planes de mantenimiento desarrollados con

la técnica de Mantenimiento Fundado en el Estado

Luego, se seleccionaron un conjunto de las fallas del último año de operación asociadas a los equipos móviles Mercedes Benz LO-915. Para ello, habida cuenta que las unidades son similares se escogieron 3 referentes, pues se aplicó el principio aleatorio para estudiar 25 fallas. La Norma SAE JA1012 indica que el panorama debe cumplir el 80/20 o sea la cuarta parte de 9 unidades, por lo que seleccionamos a 3.

Después, se realizó el análisis de modos y efectos de las fallas seleccionadas, luego se tuvieron en cuenta los criterios de Severidad, Probabilidad y Detección como parámetros del estudio del Número de Prioridad de Riesgos, a fin de evaluar la proyección de reducir las fallas de equipos críticos hacia el tratamiento de tolerables o reducibles a aceptables, los cuales arrojaron 8 indeseables (66.7%), 3 fallas reducibles a deseables (25.0%) y 1 fallas aceptables (8.3%).

El resultado final relacionado con la técnica de Mantenimiento fue la definición y agrupación de las medidas preventivas a proponer. Para esto, se tomaron en cuenta los números de prioridad de riesgo y el algoritmo estándar para la selección de tareas en programas de mantenimiento. Las tareas programadas seleccionadas se basaron en condición y en recuperación o desincorporación.

En cuanto a las tareas programadas basadas en condición, se sugiere utilizar técnicas predictivas para efectuar cambios en componentes del motor, sistema eléctrico, sistema hidráulico, sistema de frenos y sistema de refrigeración.

Para el caso similar de tratado del sector automotriz, se ha contrastado con el trabajo de (Molina Roldán, 2021) quien utilizando un enfoque RCM para reducir el índice de riesgos, determinó la mejora de indicadores de disponibilidad y confiabilidad hasta 56% y 98%, respectivamente; sin embargo, como observación se ha determinado que no logró pasar la barrera del 90% en disponibilidad, lo cual teóricamente es la mínima indispensable para un tratado eficiente, lo cual sí se ha conseguido en la presente tesis, pues alcanzó con el estudio de mejora de

condiciones, indicadores de disponibilidad y confiabilidad de 91.40 y 96.47, respectivamente, en promedio de las nueve unidades en estudio muestral.

Para el caso de contraste con el antecedente nacional de (Zavaleta, Y.A, 2019) se desarrolló un estudio evaluativo de mantenimiento a través del estudio de documentos, entrevistas, observaciones de condiciones iniciales y evaluación de la Aplicación de sistemas de gestión, proyectó ascenso del 71.79% de confiabilidad a mayor. Se esperaban mejoras en los indicadores recomendando reducciones en tiempos de reparaciones y número de fallas y así lograr rangos de confiabilidad de 91.5% á 93%; sin embargo, el estudio quedó solamente en proyección teórica y estimaciones de lograr una tasa de 0.1 fallas/día y el tiempo de paradas en los procesos de 30.45 horas en la etapa de producción, lo cual no fue demostrado. En la investigación presente, se ha realizado proyecciones sustentatorias utilizando análisis de criticidad, AMEF, y NPR luego de haber comprobado indicadores iniciales, y se ha llegado a determinar mejoras ostensibles en los indicadores no solamente de confiabilidad, sino también de disponibilidad en valores del 96.47% y 91.40 respectivamente.

En referencia a la comparación con temas internacionales, es rescatable tomar en cuenta la investigación de (Cárdenas Maza, 2020) quien en su investigación realizada en Colombia para los vehículos de la empresa Dinacol S.A. utiliza el análisis de modo y efecto de fallas centrado en su Gestión de Mantenimiento, para demostrar el incumplimiento del programa preventivo de la empresa y la falta de intervalos adecuados para las tareas que aseguraban la confiabilidad de los equipos. El estudio más que todo se tornó como de Auditoría de Mantenimiento para identificar los aspectos que ocasionaban pérdidas económicas, Además, no existen estudios científicos que demuestren y predigan mejoras en las métricas en términos de identificar el tiempo no productivo por fallas de los equipos y aumentar los valores de disponibilidad y confiabilidad.

Finalmente, es de resaltar la innovación en el estudio publicado en China (Chen T, Zhu C, Liu H, Wei P, Zhu J & Xu, 2022) respecto al diseño mediante simulación de

un sistema de rozamiento de engranajes con lubricación idónea, como parte del sistema de plan de mantenimiento. Como era de esperarse, sí se estableció la disminución de desgaste y, consecuentemente la mayor vida útil del equipo, pero al cabo de tiempo crítico las consecuencias fueron en aumento de vibraciones y colapso del equipo. La proyección y experimentación ha sido buena, sin embargo, han debido tomarse en cuenta factores de medición de indicadores, fallas críticas y riesgos inherentes al estudio de condiciones para el mejoramiento del desgaste de elementos importantes como son los engranajes. La presente investigación aporta a este tema el empleo de herramientas predictivas para evitar la presencia de vibraciones tempranas, pues en base a la condición de los equipos durante evaluaciones programadas y utilizando medios adecuados, se logra anticiparse a la falla, así como el seguimiento del desgaste prematuro de elementos tan importantes como los engranajes y rodamientos. Ello constituye la principal fortaleza del tipo de Plan de Mantenimiento propuesto en la investigación y la hace a todas luces, proactiva y de gran alcance. Como debilidad, tal vez se podría incluir la falta del enlace correspondiente con sistemas informáticos de aseguramiento del evento y no simplemente con softwares de comprobación de proyecciones mediante simulación utilizando tiempos de operación y reparación, lo cual no aporta mucho teniendo en consideración la eficiencia de la proyección mediante el N.P.R. como se ha realizado.

V. CONCLUSIONES

- Se ha realizado la evaluación de tiempos de operación, tiempos de reparaciones vs. Número de fallas, para determinar los indicadores iniciales M.T.B.F., M.T.T.R., disponibilidad y confiabilidad iniciales en las unidades Mercedes Benz L.O.-915, teniendo los resultados de 74.147% y 93.20% para disponibilidad y confiabilidad, respectivamente, como promedio total del estudio de 9 unidades consideradas como muestra de la investigación.
- En la realización del análisis de criticidad de los vehículos móviles, se identificaron las fallas más significativas utilizando la matriz de frecuencia y consecuencias reglamentarias. Esto permitió clasificar las fallas en críticas, moderadamente críticas y no críticas en los sistemas de chasis, eléctrico, mecánico del motor, hidráulico, refrigeración, suspensión y frenos. Debido a la similitud entre las unidades móviles, se seleccionaron aleatoriamente 3 unidades para su evaluación. Posteriormente, se sometieron al análisis de modo y efecto de fallas para los equipos críticos. En conclusión, para el estudio del NPR, se identificaron 12 fallas características de estas unidades.
- Como parte del Plan de Mantenimiento, se consideró una programación de tareas preponderantes a realizar con frecuencias establecidas a fin de otorgar la confianza en operación de las unidades móviles e implementar el plan basado en la condición (monitoreo constante).
- En base a resultados proyectados y utilizando los resultados porcentuales del NPR se ha llegado a determinar nuevos indicadores de disponibilidad

y confiabilidad ascendentes a 91.40% y 96.47%, respectivamente, como promedio total del estudio de 9 unidades consideradas como muestra de la investigación.

- Se ha elaborado la evaluación económica para determinar el impacto de la implementación del plan, teniendo como resultados relevantes el ahorro en horas perdidas por mantenimiento ascendente a 145187.31 US\$/año; costos predictivos de 4590 US\$/año y costos preventivos de 24502 US\$/año; lo que resulta en la obtención de un beneficio útil de 116094.81 US\$/año. Asimismo, se ha incluido el cálculo de una inversión inicial de 92400.00 US\$ por adquisición de los equipos de mediciones para el mantenimiento basado en la condición, de tal manera que nuestra última evaluación económica de R.O.I. es efectiva para 10 meses.

VI. RECOMENDACIONES

La primera recomendación es capacitar y sensibilizar a los colaboradores, operadores y técnicos de la empresa involucrados en la operación de las unidades móviles Mercedes Benz LO-915 sobre la implementación del plan de mantenimiento. Esto permitirá saber evaluar las partes susceptibles a defectos en las máquinas y establecer acciones para una mejora continua.

Se sugiere realizar al menos una vez al año todas las actividades relacionadas con la actualización de los AMEF, prestando especial atención a las fallas críticas de las máquinas identificadas en este estudio. Es fundamental seguir de manera rigurosa las directrices establecidas en las hojas de decisiones del AMEF de forma continua.

Se debe solicitar que la Gerencia de Mantenimiento disponga que se lleve a cabo un programa continuo de inspecciones sorpresivas y aleatorias, utilizando las diversas estrategias de mantenimiento mencionadas en esta investigación. Esto permitirá mejorar el diagnóstico de fallas y programar las tareas de mantenimiento de manera oportuna, lo que contribuirá a reducir los tiempos de inactividad y mejorar los estándares de costos e inversiones.

REFERENCIAS

- Chen T, Zhu C, Liu H, Wei P, Zhu J & Xu. 2022.** *Simulation and experiment of carburized gear scuffing under oil jet lubrication*. Pekin - China : Engineering failure analysis (Vol. 139), 2022. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106406>.
- Chen, T., Zhu, C., Liu, H., Wei, P., Zhu, J. & Xu. 2022.** *Simulation and experiment of carburized gear scuffing under oil jet lubrication* . Pekin - China : Engineering failure analysis (Vol. 139) , 2022. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106406>.
- Cogeneration potential of an operatin diesel engine power plant. Reports, Energy. 2022.* Kenia : s.n., 2022.
- Cogeneration potential of an operatin diesel engine power plant. Energy Reports.*
- Kabeyi, MJB y OLANREWAJU O.A. 2022.** ISSN 23524847 , 2022, Vols. vol 8,. DOI 10./1016/j.egyr.2022.10.447.
- GONZÁLES. 2019.** *El AMEF como método analítico estandarizado*. México D.F. : s.n., 2019.
- <https://kallpageneracion.com.pe/kallpa-news/las-flores-una-joya-de-central-termoelectrica-en-latinoamerica/>. **2022.** *Centrales Termoeléctricas*. Lima : s.n., 2022.
- Gallo Díaz, J.A. 2020.** *Mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar el mantenimiento preventivo del sector azucarero*. Chiclayo - U.C.V. : s.n., 2020.
- . **2020.** *Mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar el mantenimiento preventivo en maquinaria agrícola*. Chiclayo : s.n., 2020.
- Michalec, M., Svoboda, P., Krupka, I, & Hartl, M. 2021.** *A review of the design and optimization of large-scale hydrostatic bearing system* . s.l. : in Engineering Science and Technology, and international Journal (Vol. 24, pp.936-958), 2021. <https://doi.org/10-1016/j.jestch.2021.01.10>.
- Díaz. 2019.** *Análisis de Criticidad*. 2019.
- Díaz y Zelada. 2022.** *El potencial de cogeneración de centrales diesel*. Kenia : s.n., 2022.
- 2019.** *Energía*. 2019.
- energía, Revista Electro Industria_Soluciones Tecnológicas para la. 2019.** *Qué es Cogeneración*. 2019.
- Améndola, F. 2018.** *Criterios de Mantenimiento*. 2018.
- . **2012.** *Criterios de Mantenimiento*. 2012.
- APABLAZA. 2019.** *Concepto de confiabilidad*. 2019.
- Arteaga, A. 2018.** *Cogeneración, una alternativa importante de ahorro energético nacional*. Quito . Ecuador : s.n., 2018.
- Bruce y Eyres. 2021.** *Trabajos bajo presión laboral*. Bogotá : s.n., 2021.
- Campos E. 2017.** *Significado de Cogeneración*. 2017.
- Cárdenas Maza, Marco Antonio. 2020.** *Diseño de un Plan de Mantenimiento basado en el RCM para los vehículos de Dinacol S.A. - Cartagena*. Cartagena -Colombia : s.n., 2020.

Carranza. 2019. *Matriz de criticidad.* 2019.
<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/>, **qué es la cogeneración. 2021.** *Qué es la cogeneración: la industria frente al espejo de la transición energética.* 2021.
Inteligencia artificial_Diagnóstico y pronóstico de fallos. **Dayo-Olulpoma, Oluwatobi. 2022.** Wiltwatersrand, Sufabrica : s.n., 2022.
International Journal of Energy Research. **2022.** Brasilia : s.n., 2022.
Kenner & Workan. 2019, p.7. *Mantenimiento de sistemas de cogeneración.* México D.F. : s.n., 2019, p.7.
Kenneth , Wark. 2019, p.783. *Termodinámica.* México D.F. : McGRAW HILL, 2019, p.783.
Kenneth Wark, Jr. 2016. *Termodinámica,* . Washington - USA : Mc. GRAW-HILL, 2016.
Luján, C. 2019. *Auditoría energética para aumentar la eficiencia de una central térmica en ciclo Rankine.* Trujillo - Perú. : s.n., 2019.
Masters, Gilbert. 2021, p.39. *Sistemas de ciclo combinado.* Buenos Aires : s.n., 2021, p.39.
— *Sistemas de generación con turbina de gas.*
— **2021, p.35.** *Sistemasw de cogeneración con turbinas de vapor.* Buenos Aires : s.n., 2021, p.35.
— **2021, p.23.** *Turbinas a gas en centrales térmicas.* Buenos aires : s.n., 2021, p.23.
Miguez. 2019. *La eficiencia energética lograda con el uso de biomasa para generación eléctrica.* 2019.
Miguez, C. 2019. *La eficiencia energética en el uso de la Biomasa para la generación de energía eléctrica: Optimización.* 2019.
Molina Roldán, R.C. 2021. *Plan de mantenimiento basado en el RCM para empresa Sermetal SAC Trujillo.* 2021.
Murillo. 2019, p.26. *Investigación aplicada.* Cali Colombia : s.n., 2019, p.26.
— **2019.** *Investigación aplicada.* 2019.
— **2019, p.30.** *Investigación Aplicada.* Cali, Colombia : s.n., 2019, p.30.
Nexus Inttegra. 2019. *El Mantenimiento basado en la condición.* París - Francia : <https://nexusinttegra.io/es/mantenimiento-basado-condicion/>, 2019.
Petroperú. 2019. *Cogeneración.* Talara : s.n., 2019.
— **2020.** *PROYECTO DE MODERNIZACIÓN REFINERÍA TALARA.* Talara-Piura : s.n., 2020.
— **2019.** *Sistema de Cogeneración.* Talara : s.n., 2019.
Plan de mantenimiento basado en el RCM para la empresa Sermetal SAC. **Molina Roldán, R.C. 2021.** Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2021.
Ramos Saravia. 2021, p.8. *Desarrollo del mantenimiento con sistemas de control informático.* 2021, p.8.
Ramos Saravia, José. 2021. *La cogeneración: una tecnología que ahorra combustible, disminuye la factura energética y evita emisiones de gases de efecto invernadero en Perú.* Lima, Marina de guerra y UTEC; : s.n., 2021.
REALIBILITYWEB. 2019. *Importancia de la disponibilidad.* 2019.
Reyes-Picknell, Sifonte y. 2017. *Porcentajes en indicadores de mantenimiento.* 2017.
Roa, M. 2019. *Cogeneración con gtas natural para aplicaciones a pequeña escala.*

Valparaiso - Chile : s.n., 2019.

Robledo, A. 2019. *Factibilidad técnico económica del uso de un sistema de Cogeneración.* Cali - Colombia : s.n., 2019.

Salazar. 2019. *Importancia de la ética en investigación.* 2019.

Salazar, Raymond. 2019. *Ética en investigaciones.* 2019.

Sanz, D. 2018. *Análisis y optimización energética de una planta de Cogeneración para la industria azucarera.* Pereira - Colombia. : s.n., 2018.

Simulation studies of the existing cogeneration system and alternative conceptions to improve the energy efficiency for an ethylene petrochemical plant. International Journal of Energy Research, . DA SILVA, L.F., MARTINS, G GALLEGGO, AG. y

PALACIOS-BERECHÉ, R. 2022. 14, , 2022, Vol. 46. ISSN 1099114 X.DOI 10.1012/ER./8546.

Soto Baltazar, JeanPierre Fitzgerald. 2019. *Mantenimiento basado en la confiabilidad para el mejoramiento de la disponibilidad mecánica de los volquetes Faw en Gym S.A. Huancayo.* Huancayo - Perú : s.n., 2019.

Suniaga, Paul. 2019. *Diseño del programa de mantenimiento preventivo a la maquinaria perteneciente a la empresa Venezuela Heavy Industries S.A. .* 2019.

TAVARES, LOURIVAL. 2018. *Ecuación de la confiabilidad.* Bogotá : s.n., 2018.

Ulloa Trujillo, G.I. 2019. *Sistema de administración del mantenimiento de maquinaria para mejorar el control de actividades en la empresa Pevoex.* Huancayo : s.n., 2019.

Valdera Castillo. 2020. *iPlan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los tractores agrícolas de segundo uso de la empresa Gerstein S.A.C, 2020.* Trujillo. Trujillo : s.n., 2020.

Zavaleta, Y.A. 2019. *Plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejora de la productividad en la empresa Naylamp - Chiclayo, 2019.* Chiclayo : s.n., 2019.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala
Plan de Mantenimiento basado en la condición.	Plan de mantenimiento es un conjunto de técnicas destinadas a intervenir sobre los activos, con la finalidad de corregir defectos que se presentan en los equipos, lo cual dificulta o limita la producción y mantener o mejorar la eficiencia (García Garrido, Organización y gestión general de mantenimiento, 2019)	Mantenimiento Basado en la Condición o MBC es una estrategia de mantenimiento que se centra en la disponibilidad, fiabilidad o coste de mantenimiento de un activo. A través del diagnóstico previo de los equipos, se consigue monitorear el activo en tiempo continuo para prevenir las fallas del mismo	MTTR, MTBF	Tiempo de reparación Tiempo en funcionamiento	PORCENTUAL
			AMEF, NPR	Fallas	PORCENTUAL
				Efecto de fallas Prioridad de riesgos	
Análisis de criticidad	Frecuencia x Falla	PORCENTUAL			
Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala
Mejora de disponibilidad y confiabilidad	Proporción de tiempo durante el cual, el equipo o sistema se pudo haber usado Probabilidad de que un equipo o instalación desempeñe su objetivo principal, correctamente.	Funcionabilidad sin que haya parada por daños o averías. Requerimiento de uso establecidas, en un período de tiempo dado.	Operación y desempeño	Producción sin mttto vs. Producción con mttto	PORCENTUAL

Anexo 2.

Criterios de evaluación del análisis de criticidad (Amendola, 2020)

Frecuencia de fallas	
Elevado mayor a 40 fallas/año	4
Promedio 20-40 fallas/año	3
Buena 10-20 fallas/año	2
Excelente menos de 10 fallas/año	1

Impacto Operacional	
Parada total del equipo	10
Parada parcial del equipo y repercute a otro equipo o subsistema	7-9
Impacta a niveles de producción o calidad	5-6
Repercute en costos operacionales asociado a disponibilidad	2-4
No genera ningún efecto significativo	1

Flexibilidad Operacional	
No existe opción igual o equipo similar de repuesto	4
El equipo puede seguir funcionando	2-3
Existe otro igual o disponible fuera del sistema (stand by)	1

Costo de mantenimiento	
Mayor o igual a US\$ 400 (incluye repuestos)	2
Inferior a US\$ 400 (incluye repuestos)	1

Impacto a Seguridad Ambiente e Higiene	
Accidente catastrófico	8
Accidente mayor serio	6-7
Accidente menor e incidente menor	4-5
Quasiaccidente o incidente menor	2-3
Desvío	1
No provoca ningún tipo de riesgo	0

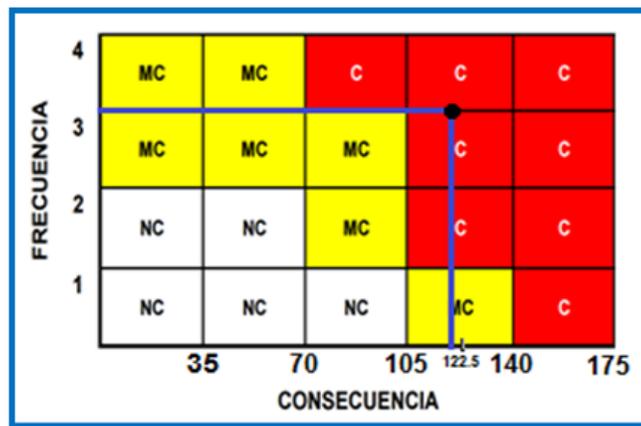


Figura - Intersección de la falla según la frecuencia y la consecuencia.
Fuente: Carlos Parra & Adolfo Márquez, 2012

Anexo 3:

Evaluación del NPR: Número de prioridad de Riesgos (Amendola, 2002)

Gravedad	
Descripción	Puntaje
Imperceptible	1
Escasa, falla menor	2-3
Baja, fallo inminente	4-5
Media, fallo pero no para el sistema	6-7
Elevada, falla crítica	8-9
Muy elevada, con problemas de seguridad, no conformidad	10

Ocurrencia	
Descripción	Puntaje
1 falla en más de 2 años	1
1 falla cada 2 años	2-3
1 falla cada 1 año	4-5
1 falla entre 6 meses y 1 año	6-7
1 falla entre 1 a 6 meses	8-9
1 falla al mes	10

Detección	
Descripción	Puntaje
Obvia	1
Escasa	2-3
Moderada	4-5
Frecuente	6-7
Elevada	8-9
Muy elevada	10

Las características de análisis del NPR (Número de Prioridad de Riesgo):

NPR > 200 Fallas Inaceptables (I).

125 < NPR ≤ 200 Fallas reducibles deseables (R).

NPR ≤ 125 Fallas Aceptables (A).

Anexo 4:
ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Máquina 1:

N°	FALLAS	INTERVENCIONES (FALLA/AÑO)
1	CHASIS	7
2	SISTEMA ELÉCTRICO	10
3	SISTEMA MECÁNICO DE MOTOR	9
4	SISTEMA HIDRÁULICO	16
5	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	18
6	SISTEMA DE SUSPENSIÓN	8
7	SISTEMA DE FRENOS	18

1. CHASIS: 7 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	1
IMPACTO OPERACIONAL (I.O)	8
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O)	3
COSTOS DE MTTO (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A)	2

$$\text{CONSECUENCIA} = (\text{I.O}) * (\text{F.O}) * (\text{CM}) * (\text{I.S.M.A}) = 96$$

$$\text{VALOR DE CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA} * \text{CONSECUENCIA} = 96$$

CLASIFICACIÓN DE CRITICIDAD: SEMI CRITICO
--

2. SISTEMA ELÉCTRICO: 10 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F)

IMPACTO OPERACIONAL (I.O) 8

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O) 4

COSTOS DE MTTO (C.MTTO) 1

IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A) 2

$$\text{CONSECUENCIA} = (\text{I.O}) * (\text{F.O}) * (\text{CM}) * (\text{I.S.M.A}) = 64$$

$$\text{VALOR DE LA CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA} * \text{CONSECUENCIA} = 128$$

CLASIFICACIÓN DE CRITICIDAD: CRÍTICO

3. SISTEMA MECÁNICO DEL MOTOR: 9 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F) 1

IMPACTO OPERACIONAL (I.O) 10

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O) 4

COSTOS DE MTTO (C.MTTO) 2

IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A) 4

$$\text{CONSECUENCIA} = (\text{I.O}) * (\text{F.O}) * (\text{CM}) * (\text{I.S.M.A}) = 320$$

$$\text{VALOR DE CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA} * \text{CONSECUENCIA} = 320$$

CLASIFICACIÓN DE CRITICIDAD: CRÍTICO

4. SISTEMA HIDRÁULICO 16 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F) 2

IMPACTO OPERACIONAL (I.O)	10
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O)	4
COSTOS DE MTTO (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A)	4
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A)	320
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA	640

CLASIFICACIÓN DE CRITICIDAD:	CRÍTICO
-------------------------------------	----------------

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN: 18 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	8
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	4
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	2
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	128
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	256

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD :	CRÍTICO
---	----------------

5. SISTEMA DE SUSPENSIÓN: 8 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	1
-----------------------------	---

IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	7
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	2
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	42
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	42

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : NO CRÍTICO
--

6. SISTEMA DE FRENOS: 18 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	9
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	4
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	72
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	144

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

Máquina 2:**ANÁLISIS DE CRITICIDAD**

N°	FALLAS	INTERVENCIONES (FALLA/AÑO)
1	CHASIS.	6
2	SISTEMA ELÉCTRICO	24
3	RODAJES	8
4	PERNOS ROTOS	8
5	FUGAS DE ACEITE	20
6	MOTOR DE GIRO	12
7	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	12
8	BASES O DESCANSOS	12
9	SISTEMA DE FRENOS	12

1. BASTIDOR O CHASIS: 6 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	1	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	8	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	2	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	96	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	96	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : SEMI CRÍTICO
--

2. SISTEMA ELÉCTRICO: 24 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	3	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	7	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	2	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	42	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	126	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : SEMI CRÍTICO
--

3. RODAJES: 8 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	1	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	8	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		4
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	4	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	128	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	128	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

4. PERNOS ROTOS: 8 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	1	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	8	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	3	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	72	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	72	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : NO CRÍTICO
--

5. FUGAS DE ACEITE: 20 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	3	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	8	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	3	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	72	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	216	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

6. MOTOR DE GIRO: 12 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	10	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	4	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	80	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	160	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

7. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN: 12 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	8	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		4
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	2	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	128	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	256	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

8. BASES O DESCANSOS: 12 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	7	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	2	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	42	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	84	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : SEMI CRÍTICO
--

9. SISTEMA DE FRENOS: 12 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	9	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	4	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	72	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	144	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

Máquina 3:

ANALISIS DE CRITICIDAD

N°	FALLAS	INTERVENCIONES (FALLA/AÑO)
1	CHASIS.	12
2	SISTEMA HIDRÁULICO	14
3	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	9
4	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	9
5	SISTEMA ELÉCTRICO	10
6	SISTEMA DE INYECCIÓN	10
7	SISTEMA DE SUSPENSIÓN	8
8	SISTEMA MECÁNICO DE MOTOR	11
9	SISTEMA DE FRENOS	11

1. CHASIS: 12 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	8
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)	3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	2
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	96
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	192

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

2. SISTEMA HIDRÁULICO: 14 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	10	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	4	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	80	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	160	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

3. SISTEMA DE LUBRICACIÓN: 9 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	1	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	10	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		4
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	4	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	320	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	320	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

4. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN: 9 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	1	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	10	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		4
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	2	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	160	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	160	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

5. SISTEMA ELÉCTRICO: 10 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	10	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	5	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	100	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	200	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

6. SISTEMA DE INYECCIÓN: 10 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	10	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	4	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	40	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	80	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : SEMI CRÍTICO
--

7. SISTEMA DE SUSPENSIÓN: 8 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	1	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	7	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		3
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	1	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	2	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	42	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	42	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : NO CRÍTICO
--

8. SISTEMA MECÁNICO DE MOTOR: 11 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	10	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	4	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	80	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	160	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

9. SISTEMA DE FRENOS: 11 FALLAS

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F.)	2	
IMPACTO OPERACIONAL (I.O.)	9	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O.)		1
COSTOS DE MTTO. (C.MTTO)	2	
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (I.S.M.A.)	4	
CONSECUENCIA = (I.O)*(F.O)*(CM)*(I.S.M.A) =	72	
VALOR DE CRITICIDAD = FRECUENCIA*CONSECUENCIA =	144	

CLASIFICACIÓN DE LA CRITICIDAD : CRÍTICO

Anexo 5. Programa de mantenimiento en base a la condición.

			PARAMETRO : 10,000 KM.
CAMIONES: A00-A01-A02-A03-A04-A05-A06			
MODELO: LO-915			
ITEM	OPERACION	TIEMPO	OBSERVACIONES
01	Cambiar aceite de motor y filtros		
02	Lavar y engrasar Camion		
03	Cambiar filtro de aire primario		
04	Limpiar zapatas de freno delanteros		
05	Limpiar zapatas de freno posteriores		
06	Mantenimiento del aire acondicionado		
07	Mantenimiento de Baterias		
08	Aplicar mantenimiento predictivo		
09	Revisar cable de acelerador		
10	Revisar de neumáticos		
11	Revisar fajas de alternador		
12	Revisar fajas de ventilador		
13	Revisar funcionamiento del alternador		
14	Revisar funcionamiento del arrancador		
15	Revisar luces en general		
16	Revisar sistema electrico de limpiaparabrisas		

			PARAMETRO : 20,000 KM.
CAMIONES: A00-A01-A02-A03-A04-A05-A06			
MODELO: LO - 915			
ITEM	OPERACION	TIEMPO	OBSERVACIONES
01	Cambiar aceite de caja de cambios		
02	Cambiar aceite de motor y filtros		
03	Engrasar Camion en general		
04	Lavar y engrasar Camion		
05	Cambiar filtro de aire primario		
06	Cambiar filtro de aire secundario		
07	Limpia sistema de admisión		
08	Limpia zapatas de freno delanteros		
09	Limpia zapatas de freno posteriores		
10	Mantenimiento del aire acondicionado		
11	Mantenimiento de Baterías		
12	Mantenimiento del baño		
13	Regular frenos		
14	Revisar barra estabilizadora delantera		
15	Revisar barra estabilizadora posterior		
16	Revisar cable de acelerador		
17	Revisar de neumáticos		
18	Revisar fajas de alternador		
19	Revisar fajas de ventilador		
20	Revisar funcionamiento del alternador		
21	Revisar funcionamiento del arrancador		
22	Revisar luces en general		
23	Revisar radiador		
24	Revisar sistema eléctrico de limpiaparabrisas		
25	Revisar sistemas de frenos		

			INTERVALO : 30,000 KM.
CAMIONES: A00-A01-A02-A03-A04-A05-A06			
MODELO: LO - 915			
ITEM	OPERACION	TIEMPO	OBSERVACIONES
01	Cambiar aceite de motor y filtros		
02	Engrasar bus en general		
03	Lavar y engrasar Camion		
04	Cambiar filtro de aire primario		
05	Limpiar sistema de admisión		
06	Limpiar zapatas de freno delanteros		
07	Limpiar zapatas de freno posteriores		
08	Mantenimiento del aire acondicionado		
09	Mantenimiento de Baterias		
10	Aplicar mantenimiento predictivo		
11	Regular frenos		
12	Revisar barra estabilizadora delantera		
13	Revisar barra estabilizadora posterior		
14	Revisar paquete de muelles delanteros		
15	Revisar paquete de muelles posteriores		
16	Revisar cable de acelerador		
17	Revisar de neumáticos		
18	Revisar fajas de alternador		
19	Revisar fajas de ventilador		
20	Revisar freno de motor		
21	Revisar funcionamiento del alternador		
22	Revisar funcionamiento del arrancador		
23	Revisar luces en general		
24	Revisar niveles		
25	Revisar radiador		
26	Revisar sistema electrico de limpiaparabrisas		
27	Revisar sistemas de frenos		

			INTERVALO : 40,000 KM.
CAMIONES: A00-A01-A02-A03-A04-A05-A06			
MODELO: LO - 915			
ITEM	OPERACION	TIEMPO	OBSERVACIONES
01	Alinear sistema de dirección		Después de haber reaizado su PM-04
02	Balancear ruedas		Después de haber reaizado su PM-04
03	Calibrar válvulas de admisión y escape		
04	Cambiar aceite de caja de cambios		
05	Cambiar aceite de corona		
06	Cambiar aceite de motor y filtros		
07	Cambiar bomba servo embrague		
08	Cambiar bombin de pedal de embrague		
09	Cambiar fajas de alternador		
10	Cambiar fajas de ventilador		
11	Cambiar fajas del alternador de aire acondicionado		
12	Cambiar fajas del compresor de aire acondicionado		
13	Cambiar filtro de aire primario		
14	Cambiar filtro de aire secundario		
15	Cambiar filtro secador de aire		
16	Cambiar hidrolina al sistema de dirección		
17	Cambiar jebes de barra de estabilizadora delantera		
18	Cambiar jebes de barra de estabilizadora poerior		
19	Cambiar liquido de embrague		
20	Cambiar mangueras de intercooler		
21	Cambiar refrigerante		
22	Cambiar terminales de barra corta de dirección		Cambiar S/Estado
23	Cambiar terminales de barra frontal de dirección		Cambiar S/Estado
24	Cambiar terminales de palanca de cambios		
25	Engrasar Camion		Después de haber reaizado su PM-04
26	Lavar Chasis		Antes de ingresar a su PM-04
27	Lavar tanque de combustible		
28	Lavar tanque de expansion		
29	Mantenimiento al sistema de baño		
30	Mantenimiento de baterías		Cambiar S/Estado
31	Mantenimiento de ruedas delanteras		
32	Mantenimiento de ruedas posteriors		
33	Mantenimietno del aire acondicionado		
34	Medir compresión del motor		
35	Medir presión de combustible		
36	Medir presión del turbocompresor		

37	Realizar mantto. De paquete de muelles delanteros		
38	Realizar mantto. De paquete de muelles posterior		Cambiar bujes S/Estado
39	Regulación de tope de corona		
40	Reparar alternador		
41	Reparar arrancador		
42	Revisar alarma de retroceso		Cambiar S/Estado
43	Revisar amortiguadores delanteros y posteriores		
44	Revisar barra estabilizadora delantera		
45	Revisar barra estabilizadora posterior		
46	Revisar bomba de agua		
47	Revisar cinturones de seguridad		
48	Revisar compresora - tiempo de carga		Cambio de accesorios S/Estado
49	Revisar control de instrumentos(Presión de aceite, Tº , Aire)		
50	Revisar crucetas de cardan de fuerza		Cambiar S/Estado
51	Revisar fugas de aceite de motor		
52	Revisar fugas de agua		
53	Revisar fugas de aire		
54	Revisar Funcionamiento de freno de motor		
55	Revisar gobernador de aire comprimido		
56	Revisar luces en general		
57	Revisar mecanismos de asientos		
58	Revisar neumáticos		
59	Revisar pines y bocinas de muñon de direccion		Cambiar S/Estado
60	Revisar polea de alternador		Cambiar S/Estado
61	Revisar polea de ventilador		Cambiar S/Estado
62	Revisar ratchet de frenos delanteros		Cambiar S/Estado
63	Revisar ratchet de frenos posterior		Cambiar S/Estado
64	Revisar sistema de audio y vdeo		Cambiar S/Estado
65	Revisar sistema de embrague(Plato, Disco, Collarin)		
66	Revisar sistema electrico		
67	Revisar sistema electrico de limpiaparabrisas		
68	Revisar Tambores de frenos delanteros		
69	Revisar Tambores de frenos posteriores		
70	Revisar válvula de 4 vias		
71	Revisar válvula de pedal de freno		Cambiar S/Estado
72	Revisar válvula reguladora de presión de aire - Secador		Cambiar S/Estado
73	Sondear panel de radiador		
74	Sondear radiador de intercooler		

Anexo 6. Evaluación por juicio de expertos

Evaluación por juicio de expertos

Respetado evaluador: usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento: ficha de registro. La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente, aportando al quehacer profesional. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del evaluador

Nombres y apellidos:	Martín Sifuentes Inostroza
Número de documento de identidad:	17828568
Grado profesional:	Maestría en Docencia Universitaria
Área de experiencia profesional:	Ingeniero de Mantenimiento / Docencia Univ.
Institución laboral:	UCV / UPN
Tiempo de experiencia profesional:	35 años
Experiencia en investigación:	Asesor y Jurado de Tesis en UCV y UPN.

2. Propósito de la evaluación

Validar el contenido según los criterios del punto 5.

3. Datos de la escala

Nombre del instrumento:	Bitácora de control de operación y mantenimiento de Unidades Móviles.
Autor(a)(es):	Castrillón Domínguez, Jaime Rivera Castro, Winston Ley
Procedencia:	La empresa distribuidora Trujillo.
Administración:	Asistida (x) Auto aplicable ()
Tiempo de aplicación:	1 año
Ámbito de aplicación:	Empresa distribuidora de Trujillo.
Significación:	El instrumento está estructurado en un Libro de Control de horas de operación y de paralización de las unidades móviles, de los cuales se han obtenido los indicadores MTBF y MTTR iniciales, con el propósito de calcular la disponibilidad y confiabilidad de los vehículos.

--	--

4. Soporte teórico

Señalar el aporte teórico y autor que sostiene el dimensionamiento de la variable de estudio en el instrumento.

Instrumento	Dimensiones	Definición
Ficha de registro	Control de operadores	Registro diario de operación y Mantenimiento de vehículos.
	Supervisión del Jefe	Resumen de horas de funcionamiento y paralización de unidades móviles.

5. Presentación de instrucciones para el juez

A continuación, a usted le presento el instrumento copia de Registro diario de operación y mantenimiento, elaborado por los operadores. en el año 2023. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los siguientes ítems, según corresponda:

Categoría	Calificación	Indicador
Claridad El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
Coherencia El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	4. Alto nivel	El ítem se encuentra relacionado con la dimensión que se está midiendo.
Relevancia El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.

Leer con detenimiento los ítems y calificar en una escala del 1 al 4 su valoración; asimismo, brinde sus observaciones, en caso de considerar necesario.

1. No cumple con el criterio

2. Bajo nivel
3. Moderado nivel
4. Alto nivel

Dimensiones del instrumento

Primera dimensión: Horas de funcionamiento y paralización de unidades.

Objetivos de la dimensión (especificar qué se quiere medir): Tiempo de operación y reparaciones.

Indicadores	Ítems	Criterios			Observaciones o recomendaciones
		Claridad	Coherencia	Relevancia	
MTBF	1	3	4	4	
MTTR	2	3	4	4	

Segunda dimensión: Disponibilidad y confiabilidad.

Objetivos de la dimensión (especificar qué se quiere medir): Porcentajes de tiempos disponibles y confiables en los equipos

Indicadores	Ítems	Criterios			Observaciones o recomendaciones
		Claridad	Coherencia	Relevancia	
Disponibilidad	3	4	4	4	
Confiabilidad	4	4	4	4	

Tercera dimensión: Análisis económico

Objetivos de la dimensión (especificar qué se quiere medir): Costos de implementación del Plan de Mantenimiento.

Indicadores	Ítems	Criterios			Observaciones o recomendaciones
		Claridad	Coherencia	Relevancia	
Costo de Mantenimiento	5	4	4	4	
Recuperación de inversión	6	4	4	4	

Agregar más tablas según las dimensiones que estructuran el instrumento.



Firma del evaluador
DNI

Anexo 7. Resultado del reporte de similitud de Turnitin.

The screenshot displays the Turnitin similarity report interface. At the top, a red header bar contains the text "Resumen de coincidencias" and a close button (X). Below this, the overall similarity percentage is shown in large red font as "20 %". A navigation bar below the percentage includes a left arrow, the text "Se están viendo fuentes estándar", and a right arrow. A button labeled "EN Ver fuentes en inglés" is positioned below the navigation bar. The main content area is titled "Coincidencias" and lists 11 sources with their respective similarity percentages and a right arrow for each entry. A vertical sidebar on the left contains various navigation icons, including a document icon, a checkmark, a pencil, a grid, a document with a red flag, a funnel, a prohibition sign, a magnifying glass, a download arrow, an information icon, and a section labeled "AI" with a "--" below it.

Coincidencias		
1	hdl.handle.net Fuente de Internet	12 % >
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3 % >
3	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	3 % >
4	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 % >
5	aele.com Fuente de Internet	<1 % >
6	repositorio.ana.gob.pe Fuente de Internet	<1 % >
7	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 % >
8	vbook.pub Fuente de Internet	<1 % >
9	www.mdpi.com Fuente de Internet	<1 % >
10	catalonica.bnc.cat Fuente de Internet	<1 % >
11	dspace.espoch.edu.ec Fuente de Internet	<1 % >