



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD  
Y CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS DE EVALUACIÓN EN EL  
CENTRO DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR,  
MOQUEGUA – ILO, 2023**

**PRESENTADO POR**

**BACHILLER ROLANDO DANIEL HUACCA MAMANI**

**ASESOR**

**MGR. ARNULFO ANDRE MEDINA VILLEGAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2024**



# Universidad José Carlos Mariátegui

## CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, en calidad de Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, certifica que el trabajo de investigación ( ) / Tesis ( ) / Trabajo de suficiencia profesional ( x ) / Trabajo académico ( ), titulado “**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS DE EVALUACIÓN EN EL CENTRO DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR, MOQUEGUA – ILO, 2023**” presentado por el(la) Bachiller **HUACCA MAMANI, ROLANDO DANIEL** para obtener el grado académico ( ) o Título profesional ( x ) o Título de segunda especialidad ( ) de: **INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**, y asesorado por el(la) **MGR. ARNULFO ANDRE MEDINA VILLEGAS**, designado como asesor con RESOLUCIÓN DE DECANATURA N°620-2023-DFAIA-UJCM, fue sometido a revisión de similitud textual con el software TURNITIN, conforme a lo dispuesto en la normativa interna aplicable en la UJCM.

En tal sentido, se emite el presente certificado de originalidad, de acuerdo al siguiente detalle:

Programa académico	Aspirante(s)	Trabajo de suficiencia profesional	Porcentaje de similitud
Ingeniería Mecánica Eléctrica	Huacca Mamani, Rolando Daniel	“PLAN DE MANTENIMIENTO PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS DE EVALUACIÓN EN EL CENTRO DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR, MOQUEGUA – ILO, 2023”	15 %  (05 de setiembre de 2024)

El porcentaje de similitud del Trabajo de investigación es del **15 %**, que está por debajo del límite **PERMITIDO** por la UJCM, por lo que se considera apto para su publicación en el Repositorio Institucional de la UJCM.

Se emite el presente certificado de similitud con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención de grado académico o título profesional o título de segunda especialidad.

Moquegua, 05 de setiembre de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Ph.D. EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO  
Jefe de la Unidad de Investigación

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
PÁGINA DE JURADO.....	i
CERTIFICADO DE ORIGINALDAD.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN .....	xii

## CAPÍTULO I

### ASPECTOS GENERALES DEL TEMA

1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Descripción de cómo es y qué tipo de servicio otorga la empresa en la que se desarrolla la experiencia profesional.....	3
1.3 Contexto socioeconómico, descripción del área de la institución, recursos, entre otros.....	9
1.4 Descripción de la experiencia .....	11
1.5 Explicación del cargo, funciones ejecutadas.....	12
1.6 Propósito del puesto (objetivos y retos).....	14
1.7 Producto o proceso que será objeto del informe .....	15
1.8 Resultados concretos que ha alcanzado en este periodo de tiempo .....	17

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

2.1 Explicación del papel que jugaron la teoría y la práctica en el desempeño laboral en la situación objeto del informe, como se integraron ambas para resolver problemas .....	28
2.2 Descripción de las acciones, metodologías y procedimientos a los que se recurrió para resolver la situación profesional objeto del informe .....	37

## **CAPÍTULO III**

### **APORTES Y DESARROLLO DE EXPERIENCIAS**

3.1 Aportes utilizando los conocimientos o bases teóricas adquiridos durante la carrera.....	42
3.2 Desarrollo de experiencias .....	43
CONCLUSIONES .....	74
RECOMENDACIONES .....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS .....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Lista de personal .....	5
Tabla 2 Lista de equipos de revisión vehicular dentro del estudio .....	15
Tabla 3 Lista de equipos de revisión vehicular dentro del estudio inicial .....	18
Tabla 4 Promedio actual de los indicadores de disponibilidad inicial .....	23
Tabla 5 Lista de equipos después de la implementación .....	24
Tabla 6 Promedio después de la implementación de los indicadores .....	26
Tabla 7 Promedio después de la implementación de los indicadores .....	27
Tabla 8 Indicadores de disponibilidad .....	38
Tabla 9 Frecuencia de causas acumuladas .....	39
Tabla 10 Frecuencia de causas acumuladas .....	40
Tabla 11 Criterios de evaluación de severidad, ocurrencia y detección .....	41
Tabla 12 AMEF para frenómetro .....	45
Tabla 13 AMEF para banco de suspensión.....	49
Tabla 14 AMEF para analizador de gases.....	51
Tabla 15 AMEF para regloscopio con luxómetro.....	52
Tabla 16 AMEF para opacímetro.....	54
Tabla 17 Fallas según sistema del regloscopio con luxómetro .....	56
Tabla 18 Fallas según sistema de regloscopio con luxómetro .....	57
Tabla 19 Fallas según sistema de analizador de gases .....	57
Tabla 20 Fallas según sistema de opacímetro .....	58
Tabla 21 Acciones y frecuencia preventiva para el frenómetro.....	59
Tabla 22 Acciones y frecuencia preventiva para el banco de suspensión.....	60
Tabla 23 Acciones y frecuencia preventiva para el analizador de gases .....	61

Tabla 24 Acciones y frecuencia preventiva para el opacímetro .....	62
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del CITV Ilo S.A.C .....	3
Figura 2 Organigrama .....	5
Figura 3 Mapa de Procesos .....	6
Figura 4 Indicador MTBF inicial .....	20
Figura 5 Indicador MTTR inicial .....	21
Figura 6 Indicador disponibilidad inicial .....	22
Figura 7 Flujograma de mantenimiento .....	63
Figura 8 Ficha técnica de frenómetro.....	65
Figura 9 Ficha técnica de banco de suspensión .....	66
Figura 10 Ficha técnica de analizador de gases .....	67
Figura 11 Ficha técnica de analizador del regloscopio con luxómetro .....	68
Figura 12 Ficha técnica de analizador del opacímetro.....	69
Figura 13 Ficha de mantenimiento correctivo de rodillo en prueba de frenos.....	70
Figura 14 Ficha de mantenimiento correctivo de prueba de suspensión .....	70
Figura 15 Ficha de constancia de servicio de mantenimiento de rodillo en prueba de frenos.....	70
Figura 16 Ficha de constancia de servicio de mantenimiento de prueba de suspensión .....	72

## RESUMEN

El presente informe tiene como objetivo describir las actividades que realizó es presentar la experiencia profesional del plan de mantenimiento ya que se requería aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del CITV Ilo S.A.C., esto debido a que como parte de las funciones del asistente de mantenimiento es generar mejoras que permitan una mayor confiabilidad de los equipos. Para ello, las actividades que se realizaron fueron la aplicación del método AMEF, establecimiento de la frecuencia de mantenimiento y la generación de formatos que permitan generar información sobre el mantenimiento. Los resultados del estudio fueron que el MTBF aumentó de 101 a 159, lo cual indica mayor tiempo entre paradas, el MTTR demuestra una reducción de la cantidad de fallas y la disponibilidad incrementó de 95% a 99% posterior a la implementación del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad. Como conclusión, la combinación de la presentación integral de la actividad comercial y la implementación de la metodología RCM con sus correspondientes medidas correctivas refleja un enfoque proactivo y orientado a fortalecer la eficacia y la confiabilidad de los procesos de inspección técnica vehicular en la empresa Centro de Inspección Técnica Vehicular Ilo SAC.

**Palabras clave:** AMEF, RCM, disponibilidad y equipos de inspección vehicular.

## **ABSTRACT**

The objective of this report is to describe the activities carried out and to present the professional experience of the maintenance plan since it was required to increase the availability and reliability of the CITV Ilo S.A.C equipment, this because as part of the functions of the maintenance assistant is to generate improvements that allow greater reliability of the equipment. To this end, the activities that were carried out were the application of the FEMF method, the establishment of the maintenance frequency and the generation of formats that allow generating information on maintenance. The results of the study were that the MTBF increased from 101 to 159, which indicates more time between shutdowns, the MTTR shows a reduction in the number of failures and the availability increased from 95% to 99% after the implementation of the maintenance plan focused on reliability. In conclusion, the combination of the integral presentation of the business activity and the implementation of the RCM methodology with its corresponding corrective actions reflects a proactive approach aimed at strengthening the efficiency and reliability of the vehicle technical inspection processes at Centro de Inspección Técnica Vehicular Ilo SAC.

**Keywords:** AMEF, RCM, availability and vehicle inspection equipment.

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de suficiencia profesional se enfoca en la mejora del plan de mantenimiento mediante la aplicación de la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad). El enfoque se dirige específicamente hacia la optimización de la disponibilidad de los equipos de evaluación del Centro de Inspección Técnica Vehicular Ilo SAC, ubicado en Moquegua.

En un contexto donde la confiabilidad y eficiencia de los equipos desempeñan un papel crítico en la prestación de servicios de inspección técnica vehicular, la implementación de una metodología basada en confiabilidad se vuelve esencial. Por consiguiente, el informe se constituye por capítulos. Donde en el capítulo 1, se expone a la empresa y el proceso que viene siendo parte del estudio, así como la descripción de la experiencia a desarrollarse. En el capítulo II, se fundamenta el papel del mantenimiento dentro de la disponibilidad de los equipos, así como la metodología empleada para resolver el problema presentado en el trabajo de suficiencia profesional. Posteriormente, en el capítulo III se resalta la revisión de bases teóricas y las experiencias realizadas para resolver el problema o experiencia analizada en el presente trabajo. Por último, se presentan las conclusiones, recomendaciones y documentos claves para un mayor entendimiento del presente trabajo.

# **CAPÍTULO I**

## **ASPECTOS GENERALES DEL TEMA**

### **1.1 Antecedentes**

El sistema de transporte constituye uno de los sectores más dinámicos y estratégicos en el seno de cualquier Estado, siendo un motor que impulsa la competitividad económica y la cohesión social al posibilitar la interconexión entre individuos y comunidades. Como parte integral de la política pública, el sistema de transporte se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos en la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas, ocupando un lugar de prioridad en la mayoría de las naciones alrededor del mundo (Organización Mundial de la Salud, 2023).

En la actualidad, diversos factores como la globalización, la urbanización y el crecimiento poblacional han fomentado un notorio crecimiento en el sistema de transporte, ilustrado claramente por el incremento substancial en la cantidad de vehículos automotores. Se estima que para el año 2050, América Latina contará con una flota de más de 200 millones de automóviles (Galazar & López, 2016).

Los Centros de Inspección Técnica de Vehículos (CITV) desempeñan un papel de vital importancia en el resguardo de la seguridad vial y la salvaguardia del entorno ambiental en nuestras comunidades. En un mundo donde la movilidad resulta esencial, el mantenimiento óptimo de los vehículos se erige como un pilar fundamental para prevenir incidentes, atenuar las emisiones perjudiciales y fomentar la convivencia civil en las vías de tránsito. Estos centros CITV ostentan una función crucial en este proceso, ya que sus minuciosas evaluaciones técnicas contribuyen a la detección temprana de posibles defectos y fallos en los vehículos (Meléndez & Días, 2020).

En las diferentes regiones del Perú en las que se encuentran ubicados Centros de Inspección Técnica Vehicular, se establece la obligatoriedad para los vehículos particulares motorizados y no motorizados, así como aquellos que brindan servicios públicos, de someterse a una evaluación de Inspección Técnica Vehicular. Esta evaluación tiene como propósito determinar si el vehículo reúne las condiciones necesarias para circular por las vías públicas. Además, se requiere que se ajusten al cronograma preestablecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), la entidad encargada de regular el Sistema Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares a través de un Reglamento Nacional, de acuerdo a lo establecido en la Ley N° 29237.

Los CITV como se mencionó funcionan en distintas ciudades del Perú, donde buscan asegurar las condiciones mecánicas y mitigar los gases contaminantes mediante la no certificación de los vehículos que incumplen las normas, por lo que deben contar con el equipamiento disponible para las líneas de mantenimiento, en

ese sentido, la gestión del plan de mantenimiento se ha visto como un punto clave para cumplir con las exigencias.

Entre las CITV que se encuentran a nivel nacional, el presente trabajo de suficiencia profesional se enfoca en la empresa ILO S.A.C. que se ubica en el Parte Artesanal e Industrial de Ilo Mz E Lt. 05,06,07,22,23,24 Ilo – Moquegua, donde posee similar tecnología a otras empresas reguladas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones; sin embargo, para lograr una diferenciación ha buscado mejorar una mejora en la atención al público y buscar una alta disponibilidad de su línea de inspección técnica vehicular.

En relación a la línea de inspección técnica vehicular en estudio, se han detectado una serie de defectos o fallos que, en un principio, se consideraron como adaptaciones al entorno de trabajo. No obstante, se ha observado que los incidentes de interrupciones se han vuelto recurrentes. Por lo tanto, es de suma importancia implementar mejoras en el plan de mantenimiento, basándose en enfoques de confiabilidad. Esto permitirá llevar a cabo la calibración y un seguimiento más preciso de los resultados, con el propósito de perfeccionar las actividades de mantenimiento preventivo. Todo esto tiene como finalidad mantener la integridad y confiabilidad de los resultados, asegurando al mismo tiempo una alta disponibilidad operativa de los equipos mecánicos.

## 1.2 Descripción de cómo es y qué tipo de servicio otorga la empresa en la que se desarrolla la experiencia profesional

### 1.2.1 Razón social de la Empresa

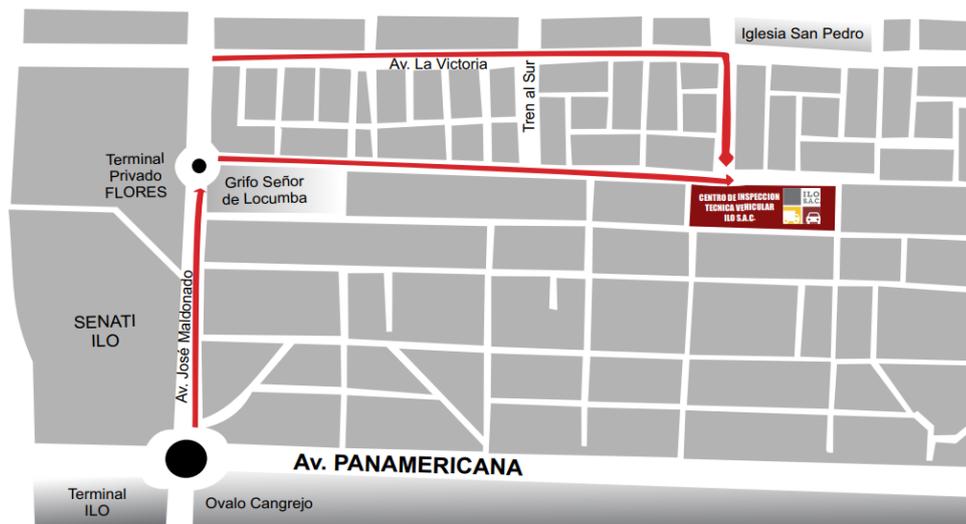
Centro de Inspección Técnica Vehicular Ilo Sociedad Anónima Cerrada - C.I.T.V. ILO S.A.C.

### 1.2.2 Ubicación geográfica

Parte Artesanal e Industrial de Ilo Mz E Lt. 05,06,07,22,23,24 Ilo – Moquegua, Perú.

**Figura 1**

*Ubicación del CITV Ilo S.A.C*



*Nota:* El gráfico muestra el recorrido para llegar al lugar de estudio.

### 1.2.3 Descripción de la empresa

Como Centro de Inspección Técnica de Vehículos (CITV), nuestra principal responsabilidad radica en la inspección técnica de vehículos. Nuestra autoridad se centra en certificar, evaluar y verificar el adecuado funcionamiento y mantenimiento de los vehículos, asegurando el cumplimiento integral de los

requisitos y condiciones técnicas estipuladas por la normativa nacional. Todo esto se realiza con el propósito de fomentar la salud medioambiental y asegurar la seguridad en el tráfico y el tránsito vehicular.

#### **1.2.4 Misión, visión y valores**

Misión: Realizar las inspecciones con seriedad, profesionalismo y total transparencia, en estricta conformidad con todas las leyes aplicables. Esto contribuye de manera significativa a la seguridad en las vías de comunicación y a la protección del medio ambiente.

Visión: C.I.T.V. ILO S.A.C. se compromete a mantener la actualización y modernización constante de sus equipos para garantizar la excelencia en la calidad de sus servicios. A corto, mediano y largo plazo, la empresa tiene como objetivo ampliar su capacidad de inspección y diversificar sus capacidades para emitir diversos tipos de certificaciones. Esto permitirá mantener su posición de liderazgo en la provincia de Ilo en lo que respecta a la inspección técnica vehicular.

Valores:

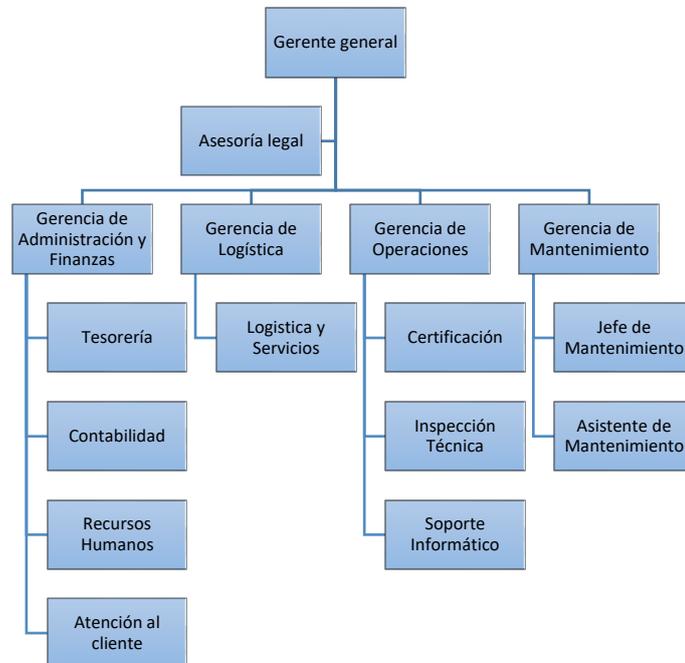
- Calidad
- Profesionalismo
- Trabajo en equipo
- Responsabilidad
- Transparencia
- Honestidad

### 1.2.5 Organigrama

A continuación, se muestra el organigrama de la empresa en estudio:

**Figura 2**

*Organigrama*



El estudio se realiza en las instalaciones del Centro de Inspección Técnica Vehicular Ilo S.A.C., específicamente en el área de mantenimiento, quien el encargado es el jefe de mantenimiento.

**Tabla 1**

*Lista de personal*

Nº	Cargo	Nombres y Apellidos
1	Gerente General	Aldo Mauro Arosquipa Mamani
2	Asesoría Legal	Vlado Abel Ccamapaza Machaca
3	Tesorería	Alisson Huanca Mamani
4	Contabilidad	Shirley Choqueña Mamani
5	Recursos Humanos	Deluz Valeria Carrasco Huaylla
6	Atención al Cliente	Alejandra Ramos Condori
7	Logística y Servicios	
8	Certificación	Robert Vigal Mamani Pino
9		Nestor Calcina Chura
9	Inspección Técnica	Alex Javier Jordan Mamani
9		Amilcar Norberto Mayta Quispe
10	Soporte Informático	Estudio Superior
11	Jefe de Mantenimiento	Helard Alexander Olave Colque
12	Asistente de Mantenimiento	Rolando Daniel Huacca Mamani
13	Seguridad	Mauro Arosquipa

### 1.2.6 Mapa de Procesos

El objetivo principal de la empresa es generar el valor máximo para sus servicios con el propósito de satisfacer a sus consumidores. CITV Ilo S.A.C. tiene como meta lograr la mayor participación de mercado en el sector de inspección técnica de vehículos en la región de Moquegua, empleando sus instalaciones cómodas, personal altamente capacitado y equipos de última generación para obtener una ventaja competitiva frente a sus competidores.

Los procedimientos de la empresa se han organizado en tres categorías: estratégicos, clave y de soporte. Los procesos clave son aquellos que aportan un valor máximo a los servicios proporcionados. Por lo tanto, a continuación, se ofrecerá una descripción más detallada de cada etapa del proceso de inspección de vehículos. La figura 3 representa visualmente la interconexión entre los diversos procesos organizativos.

**Figura 3**

*Mapa de Procesos*



*Nota:* El gráfico muestra los procesos de la empresa en estudio.

### **1.2.7 *Infraestructura de la empresa***

La infraestructura de la organización cumple con todos los requisitos establecidos por el CITV.

Dado que opera una línea de inspección masiva y/o combinada, el Centro de Inspección Técnica Vehicular ocupa una extensión de más de 2000 metros cuadrados de terreno. La infraestructura se encuentra estratégicamente ubicada en proximidad a una vía pública, sin generar impactos negativos en el flujo vehicular de la zona. Esta instalación es idónea para llevar a cabo los servicios de inspección y está a escasa distancia de la Carretera Panamericana Sur.

El complejo consta de un área destinada a la inspección de vehículos, la cual incluye al menos una Línea de Inspección Técnica de Vehículos. Asimismo, dispone de espacios administrativos y zonas de estacionamiento diseñadas para garantizar un flujo organizado de vehículos y visitantes del centro. Además, se encuentra equipado con una Línea de Inspección Técnica de Vehículos adicional.

### **1.2.8 *Proceso de inspección técnica vehicular***

#### **Al inicio se debe considerar los siguientes aspectos:**

Inicialmente, deben tenerse en cuenta los siguientes factores: - El vehículo, el motor y el chasis deben estar lo suficientemente impecables para la inspección.

- Un vehículo con suficiente gasolina para pasar la inspección del vehículo.
- Neumáticos con la presión especificada por el fabricante del vehículo. - Llantas del vehículo con sujeciones visibles.
- Vehículo con dispositivos de seguridad inactivos. - Vehículos con tracción propia, excluidos los vehículos de categoría O.

### **Al momento de ingresar al centro de inspección**

Acuda a nuestro centro de inspección y estacione su vehículo antes de pasar a la oficina, donde presentará todos los requisitos necesarios (documentación) y abonará la tasa correspondiente en función de la clasificación del vehículo y de nuestras tarifas.

Tal y como establece el manual de inspección técnica de vehículos a motor, se realizará una comprobación de la documentación, examinando su veracidad, congruencia de datos y validez.

Si la documentación resulta aceptable, se procede a la inspección visual y mecánica del vehículo.

### **Fase de inspección visual**

De acuerdo con el manual de inspecciones técnicas de vehículos y la normativa nacional de vehículos, se inspeccionará lo siguiente

- Estado de la carrocería, retrovisores, parabrisas, material retrorreflectante, parachoques y otros componentes, en función del modelo de vehículo y de acuerdo con las especificaciones técnicas.
- Integridad estructural del chasis y largueros.
- Posibilidad de holguras en las ruedas, la dirección, la suspensión, la estabilización y los sistemas de frenado, así como en sus dispositivos de conexión y el chasis.
- La profundidad del dibujo de los neumáticos de un vehículo debe ajustarse a las normativas mínimas establecidas.
- El cumplimiento de los diversos criterios especificados en la normativa nacional que regula la gestión del transporte, los

vehículos nacionales, el tráfico en el ámbito nacional, el transporte de productos peligrosos, y otras normativas pertinentes, resulta crucial para garantizar la adecuada prestación del servicio del vehículo.

### **Fase de inspección mecánica**

- Sistema de iluminación: Se utiliza un luxómetro y un refractómetro para verificar la cantidad, el funcionamiento, la alineación y la intensidad de las luces altas y bajas.
- Placa nacional única y laminados retrorreflectantes: La reflectividad se evalúa mediante un reflectómetro.
- Verificación con un alineómetro de la convergencia y/o divergencia de las ruedas en el sistema de dirección.
- Verificación de la eficacia y la fuerza de frenado con un frenómetro de rodillos para el sistema de frenado.
- Verificación, mediante un opacímetro y/o un analizador de gases, de los niveles máximos admisibles de emisiones contaminantes.
- Sistema de suspensión: Se valida mediante una plataforma de suspensión.
- Emisiones sonoras: La utilización de un sonómetro permite validar los límites máximos admisibles de emisiones sonoras.

## **1.3 Contexto socioeconómico, descripción del área de la institución, recursos, entre otros.**

### **1.3.1 Contexto socioeconómico**

La empresa Ilo S.A.C. se compromete a garantizar que el vehículo en cuestión cumple con los estándares mínimos de seguridad y emisiones. La

inspección técnica vehicular se encarga de verificar el correcto funcionamiento del motor, el sistema de frenos, las luces, la dirección, el sistema de escape, las rótulas, los amortiguadores y los neumáticos, en estricto cumplimiento con las directrices establecidas en el Reglamento Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares. Este reglamento fue aprobado mediante el Decreto Supremo N° 025-2008-MTC y sus normativas complementarias correspondientes.

Los CITV tienen como finalidad garantizar que los vehículos cumplan las condiciones mínimas operativas antes de emitir un certificado y su habilitación, por lo que el proceso tiene un costo que se ha descrito en el anexo 1.

### ***1.3.2. Descripción del área***

El presente trabajo de suficiencia profesional si bien enfoca el proceso operativo corre del negocio que es la inspección de vehículos, la finalidad del estudio es implementar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad a fin de garantizar la alta disponibilidad de los equipos dentro del alcance del estudio.

El área de mantenimiento de la CITV en estudio tiene como función garantizar un correcto funcionamiento, tanto de las instalaciones en general y de los equipos empleados durante la inspección técnica vehicular, por lo que dentro de sus responsabilidades son atribuidas las siguientes:

- **Seguridad:** Garantizar que las instalaciones y equipos cumplan con lo establecido en normas de seguridad, así como se sigan las mejoras prácticas para su adecuado uso.
- **Gestión de inventarios:** Mantener una adecuada administración de herramientas y repuestos necesarios para las reparaciones y el mantenimiento programado.

- **Capacitación al personal:** Realizar capacitaciones al personal sobre un adecuado manejo de equipos, así como el correcto procedimiento para su uso.
- **Mantenimiento preventivo:** Realizar la calibración, regulaciones, inspecciones y limpieza de equipos de prueba para su confiabilidad y precisión en las inspecciones.
- **Reparaciones y ajustes:** Ejecutar actividades de mantenimiento ante fallas o funcionamiento anormal de los sistemas o equipos a fin de devolver su funcionamiento antes del escenario.

Como se identificó, el área de mantenimiento de la empresa en estudio es importante para que se cumpla con los procesos operativos de la organización, así como se logre demostrar una imagen a los clientes que asisten de manera diaria por el servicio de inspección técnica, en ese sentido, la labor del área de mantenimiento es necesaria para mantener la alta disponibilidad, seguridad de las instalaciones y una operación correcta de los equipos.

#### **1.4 Descripción de la experiencia**

La experiencia consistió en una mejora del plan de mantenimiento bajo la filosofía de mantenimiento centrado en la confiabilidad de equipos de inspección del CITV Ilo S.A.C.

## **1.5 Explicación del cargo, funciones ejecutadas**

El CITV Ilo S.A.C. cómo se describió anteriormente, se dedica a la evaluación, verificación y certificación de vehículos que obtengan resultados favorables durante las distintas pruebas, así como que cumplan con los requisitos y condiciones. Al respecto, para cumplir con su proceso operativo es necesario contar con inspectores vehiculares de línea que se encargan de la evaluación a los vehículos, para ello se procede una inspección visual y mecánica del vehículo.

Dentro de las actividades que realiza el técnico inspector vehicular se resalta su experiencia en el uso de distintos equipos durante la inspección vehicular, tales como regloscopio con luxómetro, alineador de dirección al paso, frenómetro de rodillos, banco de pruebas de suspensión, detector de holguras, analizador de gases, opacímetro y reflectómetro.

Al emplear meticulosamente esta gama diversa de dispositivos especializados, el técnico inspector vehicular lleva a cabo una minuciosa inspección. Su enfoque radica en asegurar que cada aspecto del vehículo sea sometido a un riguroso escrutinio, con la finalidad primordial de asegurar que el vehículo no solo cumple, sino que supera los estándares más elevados en términos de calidad y seguridad. Esta atención meticulosa se traduce en la certeza de que los vehículos que aprueban estas inspecciones no solo cumplen con las regulaciones, sino que también brindan un nivel sobresaliente de desempeño y confiabilidad en las carreteras y calles.

El inspector técnico lleva a cabo una inspección exhaustiva en cada vehículo, evaluando elementos críticos que abarcan desde frenos y luces hasta suspensión, emisiones y dirección, entre otros. Este proceso involucra una atención meticulosa

hacia los detalles y una comprensión profunda de las normativas y estándares de seguridad establecidos.

Por otro lado, una de las acciones adicionales como parte de la formación en la CITV Ilo S.A.C. es el asistente de mantenimiento de los equipos de revisión técnica, donde se tuvo como propósito garantizar la disponibilidad y reducir los tiempos de paradas no programadas, por lo que dentro de mis funciones es analizar y reparar equipos especializados. Para ello, es empleado una variedad de equipos y herramientas específicas para realizar diagnósticos precisos y reparaciones adecuadas.

Un técnico de mantenimiento de equipos de revisión técnica utiliza las herramientas en mano y el conocimiento adquirido de manera tenía para devolver la disponibilidad de equipos o reducir la exposición a una parada no programada. Para ello, considera el diagnóstico dentro de sus tareas. En su día cotidiano formula el plan de mantenimiento y realiza actividades según el cronograma establecido con la certeza de que los equipos que realicen la inspección de vehículos sean seguros y confiables.

Los cargos que ocupó en el CITV Ilo S.A.C. fueron de inspector vehicular en la línea principal y asistente de mantenimiento de los equipos de revisión técnica, siendo descrito los cargos a continuación:

#### **1.5.1 Descripción del inspector vehicular**

- Asegurar que los vehículos cumplan con la emisión de gas y estándares de seguridad establecidos.
- Adecuado uso de los equipos necesarios para el cumplimiento de la inspección y verificar el normal funcionamiento vehicular.

- Conocimientos básicos en seguridad
- Manejo de Microsoft Word a nivel básico
- Aprobar el curso para su habilitación

### **1.5.2 Descripción del asistente de mantenimiento**

- Aprobar el curso para su habilitación
- Coordinar la calibración de los equipos
- Seguimiento y cumplimiento del plan de mantenimiento
- Poseer conocimiento del mantenimiento de equipos de inspección técnica vehicular
- Conocimiento de Excel y Microsoft a nivel intermedio
- Egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica o afines

### **1.6 Propósito del puesto (objetivos y retos)**

La finalidad del trabajo de suficiencia profesional es presentar la experiencia profesional de mejorar el plan de mantenimiento aplicando la metodología RCM, ya que se requiera mejorar la disponibilidad de los equipos del CITV Ilo S.A.C., esto debido a que como parte de las funciones del asistente de mantenimiento es generar mejoras que permitan una mayor confiabilidad de los equipos. Como objetivos específicos se consideró los siguientes:

- Describir la experiencia durante el diagnóstico de los equipos del CITV Ilo S.A.C.
- Generar una propuesta en la mejora de mantenimiento aplicando la metodología RCM.
- Describir la experiencia en la implementación del RCM a fin de mejorar la disponibilidad de los equipos.

El objetivo expuesto, se encuentra dentro de las funciones asignadas dentro de la empresa en estudio, así como surge como iniciativa al identificar que el plan actual de mantenimiento no estaba adecuadamente documentado y se realizaba según creencias del encargado del área de mantenimiento.

### 1.7 Producto o proceso que será objeto del informe

Se inspecciono los equipos de una línea de inspección vehicular mixta, Verificando su marca, modelo, número de serie, siendo los equipos que se mencionan dentro del alcance del presente estudio:

**Tabla 2**

*Lista de equipos de revisión vehicular dentro del estudio.*

<b>EQUIPOS E INSTRUMENTOS</b>	<b>MARCA / FABRICANTE</b>	<b>MODELO</b>	<b>N° DE SERIE</b>
1 Regloscopio con Luxómetro	Tecnolux SRL	2505/L1	221
1 Alineador dirección al paso	MAHA	MINC II	452832-001
1 Frenómetro de rodillos	MAHA	I W 7	414382-001
1 Banco de Pruebas de Suspensión	MAHA	SA2	433123-001
1 Detector de holguras	MAHA	LMS 20/2	342281-002
1 Analizador de Gases	Pierburg Instruments	HGA 400 4 GR	318
1 Opacímetro	BRAIN BEE	OPA-100	2.10903E+11
1 Sonómetro	FLUS	ET-958	20200615768

Como modelo en gestión de mantenimiento las actividades que se realizan mediante procesos de seguimientos previos, planificado con una misión de priorizar el mantenimiento y no ser visto como un gasto mal hecho, sino como una reducción de gastos a paradas innecesarias y mejorando los procesos de producción. Por lo que, se pudo observar lo diversos problemas frecuentes ante los equipos de evaluación y esto se debe a causa de la falta de mantenimiento que presentan como: el analizador de dirección mediante vibraciones, los rodillos que verifican la

capacidad de freno, prueba de gases, y así evitar imprevistas fallas frecuentes durante el proceso de inspección.

Uno de los problemas en equipos de evaluación es por pruebas de emisión de gases y esto es debido a las alteraciones de datos por la excesiva presión cuando el conductor acelera a su vehículo, lo cual no es aceptable por ende se pide acelerar nuevamente para observar los nuevos datos mediante la computadora hasta ver que sea aceptable.

Por otro lado, en el frenómetro es una máquina que sirve para medir el equilibrio y cuánta eficiencia de frenado contiene el vehículo, uno de los problemas es la falta de mantenimiento que requiere en los rodillos, engrase a las cadenas, limpiar el polvo que día a día se observa, y hacer pruebas en vacío para verificar que se encuentre en el estado nominal.

En las pruebas de suspensión lo que se quiere es medir la asimetría que presentan cada vehículo entre las dos ruedas del su mismo eje y muchas veces ocurren problemas cuando los vehículos salen de esta plataforma antes del tiempo indicado por lo que surgen problemas mínimos en los resultados de la computadora.

En las pruebas de holguras, como deficiencia encontramos diferentes tipos de conductores donde hay que tener mucho cuidado al hacer mantenimiento, suelen surgir fallas de calibración, hacer un mantenimiento en los émbolos, retirar la suciedad y/o polvo, hacer el engrase correspondiente, y también hacer pruebas en vacío para verificar que tenga un correcto funcionamiento, muchas veces los vehículos presentan derrame de fluidos por lo que el encargado debe revisar la parte inferior del vehículo. De acuerdo a lo narrado en la página anterior, se realizó un diagnóstico para identificar la necesidad de solución:

## **1.8 Resultados concretos que ha alcanzado en este periodo de tiempo**

### *1.8.1. Situación actual de los equipos dentro del alcance*

En la tabla 1 se identificó a los equipos de la empresa que abarcaron el estudio, puesto que presentan mayor cantidad de fallas en comparación del total que se encuentran inventariados, por lo tanto, para identificar el nivel de disponibilidad actual se revisó información relacionada con sus horas de operación, siendo empleado para ello los registros que se encuentran almacenados en forma de reportes.

Los reportes identificados permitieron medir el MTTR y MTBF, siendo el Tiempo Medio de Reparación y Tiempo Medio entre Fallas importantes para establecer el nivel de criticidad de un equipo. Para ello, el tiempo de operación real disponible fue importante, como se muestra a continuación:

**Tabla 3***Lista de equipos de revisión vehicular dentro del estudio inicial*

<b>Cód.</b>	<b>Equipo</b>	<b>Hrs. Prog.</b>	<b>Horas de operación</b>	<b>Tiempo total de reparaciones</b>	<b># Paradas correctivas</b>	<b>MTBF</b>	<b>MTTR</b>	<b>Disponibilidad</b>
Enero								
EQP-01	1 Regloscopio con Luxómetro	192	189	3	1	189	3	98%
EQP-02	1 Alineador dirección al paso	192	190	2	1	190	2	99%
EQP-03	1 Frenómetro de rodillos	192	173	19	5	35	3.8	90%
EQP-04	1 Banco de Pruebas de Suspensión	192	179	13	4	45	3.25	93%
EQP-05	1 Detector de holguras	192	187	5	1	187	5	97%
EQP-06	1 Analizador de Gases	192	175	17	4	44	4.25	91%
EQP-07	1 Opacímetro	192	168	24	2	84	12	88%
EQP-08	1 Sonómetro	192	191	1	1	191	1	99%
Febrero								
EQP-01	1 Regloscopio con Luxómetro	176	172	4	1	172	4	98%
EQP-02	1 Alineador dirección al paso	176	173	3	2	87	1.5	98%
EQP-03	1 Frenómetro de rodillos	176	159	17	5	32	3.4	90%
EQP-04	1 Banco de Pruebas de Suspensión	176	167	9	3	56	3	95%
EQP-05	1 Detector de holguras	176	172	4	1	172	4	98%
EQP-06	1 Analizador de Gases	176	162	14	7	23	2	92%
EQP-07	1 Opacímetro	176	157	19	4	39	4.75	89%
EQP-08	1 Sonómetro	176	174	2	1	174	2	99%

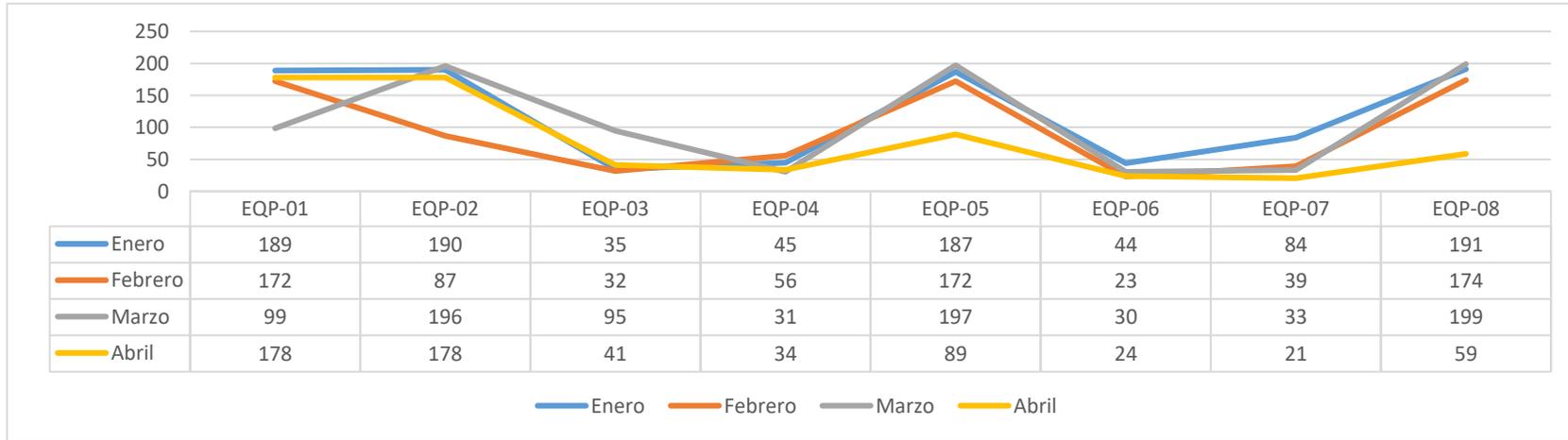
<b>Cód.</b>	<b>Equipo</b>	<b>Hrs. Prog.</b>	<b>Horas de operación</b>	<b>Tiempo total de reparaciones</b>	<b># Paradas correctivas</b>	<b>MTBF</b>	<b>MTTR</b>	<b>Disponibilidad</b>
Marzo								
EQP-01	1 Regloscopio con Luxómetro	200	197	3	2	98.5	1.5	99%
EQP-02	1 Alineador dirección al paso	200	196	4	1	196	4	98%
EQP-03	1 Frenómetro de rodillos	200	189	11	2	94.5	5.5	95%
EQP-04	1 Banco de Pruebas de Suspensión	200	183	17	6	30.5	2.8	92%
EQP-05	1 Detector de holguras	200	197	3	1	197	3	99%
EQP-06	1 Analizador de Gases	200	182	18	6	30	3	91%
EQP-07	1 Opacímetro	200	167	7	5	33.4	1.4	96%
EQP-08	1 Sonómetro	200	199	1	1	199	1	100%
Abril								
EQP-01	1 Regloscopio con Luxómetro	180	178	2	1	178.0	2	99%
EQP-02	1 Alineador dirección al paso	180	178	2	1	178.0	2	99%
EQP-03	1 Frenómetro de rodillos	180	165	15	4	41.3	3	92%
EQP-04	1 Banco de Pruebas de Suspensión	180	168	12	5	33.6	2	93%
EQP-05	1 Detector de holguras	180	178	2	2	89.0	1	99%
EQP-06	1 Analizador de Gases	180	166	14	7	23.7	2	92%
EQP-07	1 Opacímetro	180	164	16	8	20.5	2	91%
EQP-08	1 Sonómetro	180	176	4	3	58.7	1	98%

*Nota:* La tabla muestra los indicadores de disponibilidad de enero a abril del 2023.

A continuación, se muestra la gráfica del indicador MTBF de los equipos en estudio:

**Figura 4**

*Indicador MTBF inicial*



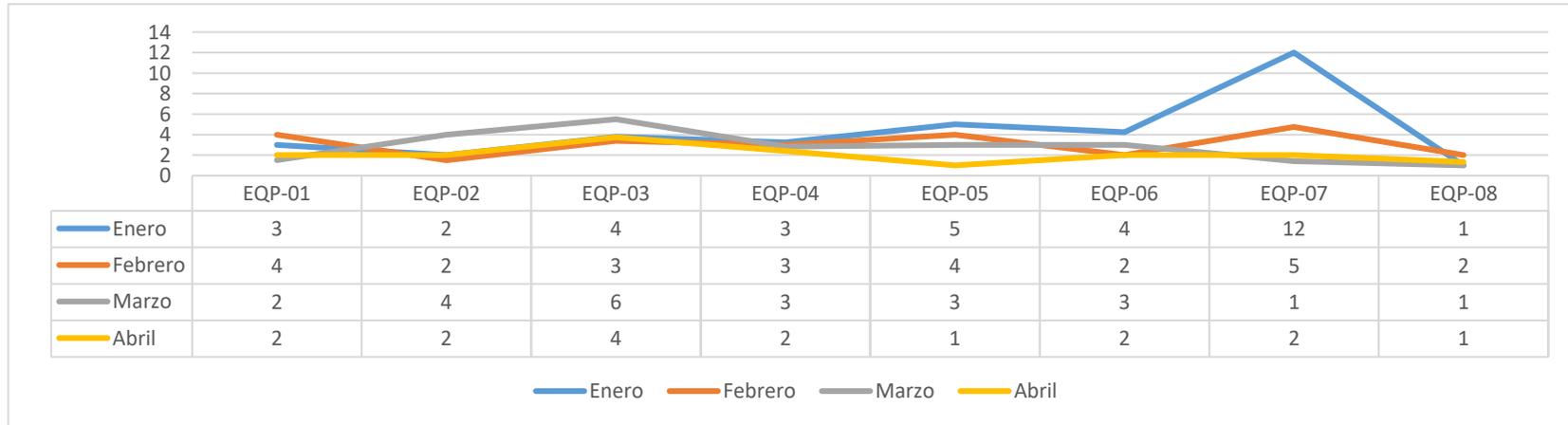
*Nota:* La gráfica muestra la variación del indicador MTBF en 4 meses.

Como se muestra en la figura anterior, se presenta un mayor número de paradas correctivas en el mes de abril, lo que indica que hubo un menor tiempo entre fallas. Por consiguiente, se requiere realizar acciones para incrementar la fiabilidad y durabilidad de los equipos a fin de garantizar un MTBF más alto.

A continuación, se muestra la gráfica del indicador MTTR de los equipos en estudio:

**Figura 5**

*Indicador MTTR inicial*



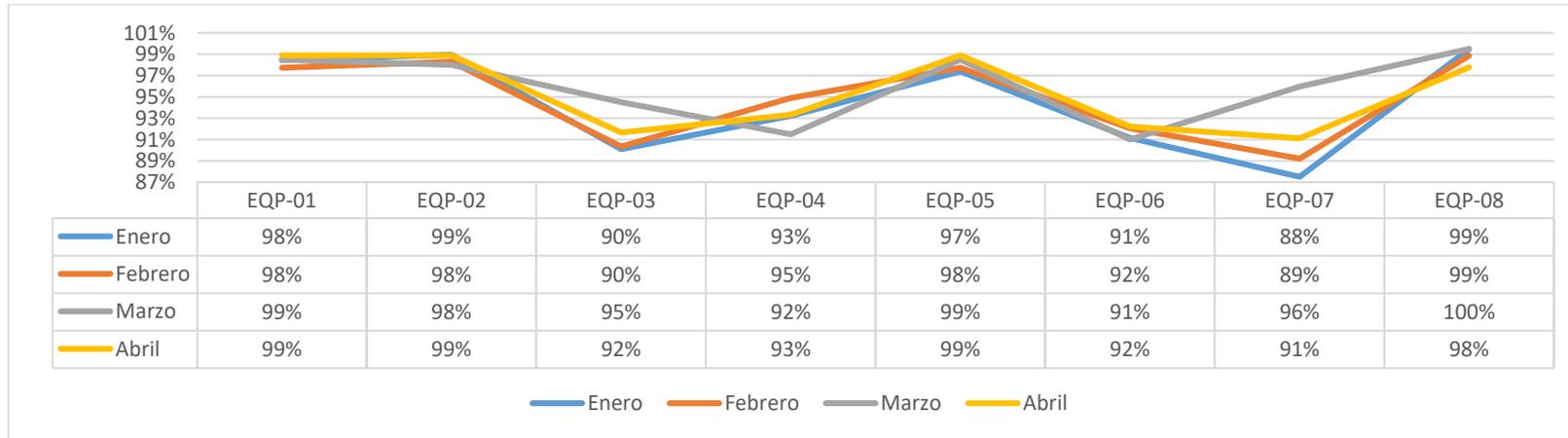
*Nota:* La gráfica muestra la variación del indicador MTTR en 4 meses.

Como se muestra en la figura anterior, se presenta al indicador MTTR que permite identificar el tiempo promedio utilizado para la reparación de los equipos después de una falla, siendo importante para visualizar la capacidad de respuesta ante fallos. Por consiguiente, se muestra un mayor valor en el mes de abril, esto quiere decir que es necesario establecer acciones a fin de mitigar su efecto durante la inspección vehicular.

A continuación, se muestra la gráfica del indicador disponibilidad de los equipos en estudio:

**Figura 6**

*Indicador disponibilidad inicial*



*Nota:* La gráfica muestra la variación del indicador disponibilidad en 4 meses.

Como se observa en el gráfico previo, la disponibilidad mensual se mantiene constantemente por encima del 91% en todos los equipos. Sin embargo, se ha identificado que a pesar de contar con un tiempo de inactividad relativamente reducido, la falla de un solo equipo puede ocasionar la detención de toda la línea de inspección vehicular. Por lo tanto, es imperativo adoptar medidas que aseguren un nivel de disponibilidad del 99%, con el propósito de garantizar una continuidad óptima en las inspecciones de vehículos.

Al evaluar los indicadores de mantenimiento en los meses de enero – abril del 2023, se determinó pertinente realizar una mejora en el plan de mantenimiento basado en el RCM, puesto que la elevada cantidad de fallas repercute en la continuidad de las operaciones.

**Tabla 4**

*Promedio actual de los indicadores de disponibilidad inicial*

<b>Código</b>	<b>MTBF</b>	<b>MTTR</b>	<b>Disponibilidad</b>
EQP-01	159	3	98%
EQP-02	163	2	99%
EQP-03	51	4	92%
EQP-04	41	3	93%
EQP-05	161	3	98%
EQP-06	30	3	92%
EQP-07	44	5	91%
EQP-08	156	1	99%

*Nota:* La tabla muestra el promedio actual de los 4 meses antes de la mejora.

En la tabla anterior se muestra el promedio de los indicadores de mantenimiento de los equipos del para la inspección del Centro de Inspección Técnica Vehicular Ilo S.A.C., en donde se observa que el EQP-07 cuenta con menor disponibilidad con 91%, seguido del EQP-06 y EQP-03 con un 92%, y el EQP-04 obtuvo un 93%, por lo tanto, es importante realizar acciones de mejora a fin de un incremento en los equipos mencionados.

#### *1.8.2. Situación después de la implementación de los equipos dentro del alcance*

Posterior a la implementación de la metodología RCM en los equipos de frenómetro de rodillos (EQP-03), Banco de Pruebas de Suspensión (EQP-04), Analizador de Gases (EQP-06) y Opacímetro (EQP-07), en donde mediante el análisis documental se identificó el nivel de los indicadores MTTR, MTBF y disponibilidad después de la implementación. A continuación, se muestra la revisión de los equipos después de la implementación

**Tabla 5***Lista de equipos después de la implementación*

<b>Cód.</b>	<b>Equipo</b>	<b>Hrs. Prog.</b>	<b>Horas de operación</b>	<b>Tiempo total de reparaciones</b>	<b># Paradas correctivas</b>	<b>MTBF</b>	<b>MTTR</b>	<b>Disponibilidad</b>
Agosto								
EQP-01	1 Regloscopio con Luxómetro	192	191	1	1	191	1	99%
EQP-02	1 Alineador dirección al paso	192	190	2	1	190	2	99%
EQP-03	1 Frenómetro de rodillos	192	188	4	2	94	2	98%
EQP-04	1 Banco de Pruebas de Suspensión	192	191	1	1	191	1	99%
EQP-05	1 Detector de holguras	192	191	1	1	191	1	99%
EQP-06	1 Analizador de Gases	192	189	3	2	94.5	1.5	98%
EQP-07	1 Opacímetro	192	190	2	2	95	1	99%
EQP-08	1 Sonómetro	192	191	1	1	191	1	99%
Setiembre								
EQP-01	1 Regloscopio con Luxómetro	176	175	1	1	175	1	99%
EQP-02	1 Alineador dirección al paso	176	173	3	2	86.5	1.5	98%
EQP-03	1 Frenómetro de rodillos	176	175	1	1	175	1	99%
EQP-04	1 Banco de Pruebas de Suspensión	176	175	1	1	175	1	99%
EQP-05	1 Detector de holguras	176	175	1	1	175	1	99%
EQP-06	1 Analizador de Gases	176	171	5	3	57	2	97%
EQP-07	1 Opacímetro	176	175	1	1	175	1	99%
EQP-08	1 Sonómetro	176	174	2	1	174	2	99%

<b>Cód.</b>	<b>Equipo</b>	<b>Hrs. Prog.</b>	<b>Horas de operación</b>	<b>Tiempo total de reparaciones</b>	<b># Paradas correctivas</b>	<b>MTBF</b>	<b>MTTR</b>	<b>Disponibilidad</b>
Octubre								
EQP-01	1 Regloscopio con Luxómetro	200	197	3	2	98.5	1.5	99%
EQP-02	1 Alineador dirección al paso	200	199	1	1	199	1	100%
EQP-03	1 Frenómetro de rodillos	200	198	2	1	198	2	99%
EQP-04	1 Banco de Pruebas de Suspensión	200	199	1	1	199	1	100%
EQP-05	1 Detector de holguras	200	198	2	1	198	2	99%
EQP-06	1 Analizador de Gases	200	199	1	1	199	1	100%
EQP-07	1 Opacímetro	200	199	1	1	199	1	100%
EQP-08	1 Sonómetro	200	199	1	1	199	1	100%
Noviembre								
EQP-01	1 Regloscopio con Luxómetro	180	178	2	1	178	2	99%
EQP-02	1 Alineador dirección al paso	180	179	1	1	179	1	99%
EQP-03	1 Frenómetro de rodillos	180	177	3	2	88.5	1.5	98%
EQP-04	1 Banco de Pruebas de Suspensión	180	176	4	2	88	2	98%
EQP-05	1 Detector de holguras	180	179	1	1	179	1	99%
EQP-06	1 Analizador de Gases	180	177	3	1	177	3	98%
EQP-07	1 Opacímetro	180	177	3	2	88.5	1.5	98%
EQP-08	1 Sonómetro	180	176	4	1	176	4	98%

*Nota:* La tabla muestra los indicadores de disponibilidad de enero a abril del 2023.

La implementación de la metodología RCM para una mejora en el mantenimiento de los equipos del CITV Ilo S.A.C. permitió demostrar un aumento en la disponibilidad, es decir, se tuvo menos tiempo de paradas debido a fallas mecánicas, por lo que se muestra el promedio de los indicadores por cada equipo:

**Tabla 6**

*Promedio después de la implementación de los indicadores*

<b>Código</b>	<b>MTBF</b>	<b>MTTR</b>	<b>Disponibilidad</b>
EQP-01	161	1	99%
EQP-02	164	1	99%
EQP-03	139	2	99%
EQP-04	163	1	99%
EQP-05	186	1	99%
EQP-06	132	2	98%
EQP-07	139	1	99%
EQP-08	185	2	99%

*Nota:* La tabla muestra el promedio actual de los 4 meses después de la implementación de RCM.

En la tabla anterior se muestra un promedio superior al 98% en la disponibilidad después de la implementación del plan de mantenimiento basado en RCM, por lo que se demuestra que se logró los resultados esperados mediante las acciones expuestas.

Referente a los equipos EQP-03, EQP-04, EQP-06 y EQP-07 se muestra un aumento en la disponibilidad, esto debido a que el tiempo entre cada falla se ha aumentado con relación a la situación inicial, en ese sentido, es importante comparar los indicadores antes y después de la implementación.

1.8.3. *Comparación de los indicadores antes y después de la implementación*

**Tabla 7**

*Promedio después de la implementación de los indicadores*

Código	Antes de implementación			Después de la implementación		
	MTBF	MTTR	Disponibilidad	MTBF	MTTR	Disponibilidad
EQP-01	159	3	98%	161	1	99%
EQP-02	163	2	99%	164	1	99%
EQP-03	51	4	92%	139	2	99%
EQP-04	41	3	93%	163	1	99%
EQP-05	161	3	98%	186	1	99%
EQP-06	30	3	92%	132	2	98%
EQP-07	44	5	91%	139	1	99%
EQP-08	156	1	99%	185	2	99%
Promedio	101	3	95%	159	1	99%

*Nota:* La tabla muestra la comparación de la situación antes y después de la implementación de los indicadores de mantenimiento.

En la tabla y figura anterior se observa que el MTBF aumentó de 101 a 159, lo cual indica mayor tiempo entre paradas, el MTTR demuestra una reducción de la cantidad de fallas y la disponibilidad incrementó de 95% a 99% posterior a la implementación del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, por lo que se demuestra un aumento significativo en los indicadores mediante las acciones realizadas.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

#### **2.1 Explicación del papel que jugaron la teoría y la práctica en el desempeño laboral en la situación objeto del informe, como se integraron ambas para resolver problemas**

- **Gestión de mantenimiento**

La gestión del mantenimiento es fundamental para asegurar la continuidad operativa de los equipos y evitar los costos asociados con el mantenimiento no planificado. Su objetivo principal es garantizar la disponibilidad eficiente de los dispositivos para su uso cuando sea necesario. La efectividad de la gestión del mantenimiento se evalúa mediante un análisis que incorpora varios factores y se relaciona con la calidad del servicio que ofrecen los equipos. Este proceso abarca todas las actividades que definen los objetivos, estrategias y responsabilidades del mantenimiento, así como su implementación a través de la planificación, el control y la mejora de las actividades y la eficiencia económica del mantenimiento (Morales, 2022).

En las últimas décadas, el mantenimiento solía considerarse una molestia debido a la adopción casi exclusiva del mantenimiento correctivo (Parra, 2020). En este enfoque, el mantenimiento consistía principalmente en reparar y reemplazar

componentes según las necesidades, sin planificación, programación y optimización, lo que llevó a la falta de conciencia sobre la inactividad y el comportamiento de las máquinas. Como resultado, el mantenimiento se convirtió en una función independiente en la mayoría de las fábricas, en lugar de una subfunción de la producción (Mostafa, Dumrak, & Soltan, 2015). Hoy en día, debido al desarrollo continuo de los sectores tecnológicos e industriales, la gestión del mantenimiento se ha vuelto más compleja, requiriendo competencias técnicas y de gestión, así como la adaptación a entornos empresariales en constante cambio.

Las funciones principales de los sistemas de gestión del mantenimiento incluyen la planificación, organización y control. La planificación engloba actividades como las alianzas estratégicas de mantenimiento, donde el departamento de mantenimiento debe asegurarse de que sus planes estratégicos están alineados con los objetivos de la empresa, así como la previsión de la carga de mantenimiento. Estos resultados se utilizan para programar el mantenimiento, controlar las operaciones de mantenimiento y planificar la capacidad de mantenimiento, que determina los recursos necesarios, como mano de obra, materiales, piezas de repuesto, herramientas y equipos. También abarca la organización del mantenimiento, que considera factores como el tamaño de la planta, la carga de trabajo de mantenimiento, la estructura organizativa y las habilidades de los técnicos. La programación del mantenimiento es la última etapa de la planificación, donde se asignan los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades de mantenimiento (Duffuaa & Raouf, 2015),

El mantenimiento no se limita únicamente a la conservación y restauración de una unidad, sino que también engloba la optimización de su costo global. El

objetivo primordial radica en identificar la solución óptima para cualquier proceso en base a requisitos y objetivos predefinidos. Para alcanzar este propósito, se hace necesario llevar a cabo una evaluación y selección de las estrategias de mantenimiento adecuadas. Por lo tanto, las estrategias de mantenimiento fundamentales para cualquier sistema de fabricación moderno comprenden, entre otras (Basheer, 2022).

La creciente cantidad de reparaciones y mantenimiento de maquinaria, que genera diversos tipos de residuos, podría incrementar la carga ambiental. Por lo tanto, se hizo hincapié en que el diseño de los productos no debería centrarse únicamente en la funcionalidad, sino que también debería considerar el impacto ambiental del mantenimiento (Orosz, Friedler, Varbanov, & Klemeš, 2018).

- **Tipos de mantenimiento**

- Mantenimiento rutinario**

- También conocida como mantenimiento preventivo, abarca actividades como inspección, limpieza, lavado, sustitución y revisión, llevadas a cabo según un calendario predeterminado. Generalmente programado durante los fines de semana o períodos de tiempo libre entre horarios laborales para no afectar los objetivos de productividad. Los principales objetivos del mantenimiento rutinario son detectar y corregir problemas existentes de manera oportuna, así como prevenir la aparición de problemas potenciales mediante una vigilancia constante (Tarlengco, 2023).

- Mantenimiento planificado**

- A diferencia del mantenimiento rutinario, que se realiza diaria, semanal o mensualmente, el mantenimiento planificado tiene una frecuencia anual o según las

necesidades. Dado su carácter más extenso, costoso y que requiere más tiempo, a menudo implica la participación de especialistas (Tarlengco, 2023).

### **Mantenimiento correctivo**

Cuando las inspecciones rutinarias revelan signos de deterioro significativo en un vehículo o las lecturas de los sensores indican valores anórmalos y potencialmente peligrosos en una máquina, se requiere un mantenimiento correctivo. Este proceso implica realizar reparaciones y sustituciones necesarias para restaurar el óptimo funcionamiento y el estado prístino del activo (Tarlengco, 2023).

### **Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo se centra en determinar el momento óptimo para llevar a cabo el mantenimiento programado y correctivo mediante el uso de técnicas de prueba. Su objetivo principal es anticipar el desgaste significativo en una máquina, permitiendo programar el mantenimiento correctivo necesario antes de que se produzcan fallas, sin interferir con los objetivos de productividad (Tarlengco, 2023).

### **Mantenimiento prescriptivo:**

Como alternativa al mantenimiento predictivo, el enfoque prescriptivo incorpora mecanismos adicionales de toma de decisiones. Va más allá del mantenimiento preventivo al evaluar tanto el aparato que requiere mantenimiento como su entorno, así como las interrelaciones entre ambos (Basheer, 2022).

### **Mantenimiento oportunista (OM):**

Es un método que implica la acumulación, investigación y planificación anticipada de actividades para generar tareas de mantenimiento que se llevarán a cabo en momentos específicos. Por ejemplo, cuando se desmonta una máquina compleja para reemplazar un componente defectuoso, puede resultar beneficioso sustituir otros componentes que estén cerca del final de su vida útil (Basheer, 2022).

### **Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)**

El Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM) es un enfoque originalmente desarrollado para la industria aeronáutica que se utiliza para diseñar un programa de mantenimiento rentable mediante la evaluación de los parámetros de fiabilidad del sistema. En el contexto de aplicaciones relacionadas con la seguridad, se busca minimizar los costos y las interrupciones eliminando la posibilidad de fallos a través de un equilibrio entre la seguridad y la disponibilidad, garantizando al mismo tiempo un mantenimiento rentable. El RCM se divide en dos categorías principales: la primera consiste en analizar y categorizar los modos de fallo en función de sus efectos en los sistemas, mientras que la segunda se enfoca en evaluar cómo el mantenimiento programado afecta a la fiabilidad del sistema. La metodología del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) formaliza estos resultados (Basheer, 2022).

El propósito del RCM según Zulaikha y Sukaria (2019) es el siguiente:

- Incrementar la eficiencia en la gestión de mantenimiento, centrándose en el registro y seguimiento de historiales de fallas y reparaciones.

- Optimizar los esfuerzos de mantenimiento al enfocarse en los equipos críticos del sistema, evitando la realización de acciones de mantenimiento innecesarias o ineficaces.
- Establecer un programa de mantenimiento óptimo que reduzca al mínimo el riesgo y el impacto causados por posibles fallos.
- **Conceptos claves del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)**

#### **Fallas funcionales:**

Una vez que se han definido las funciones y las normas de rendimiento de cada activo, la siguiente etapa implica determinar las posibles fallas que podrían afectar el cumplimiento de sus funciones. Este proceso nos lleva a identificar el fallo funcional, que se define como la incapacidad de un activo o componente para cumplir con una norma de rendimiento establecida (Moubray, 1991).

#### **Modos de falla (Causas de fallas)**

La fase subsiguiente se enfoca en la identificación de los modos de fallo que tienen mayor probabilidad de causar la pérdida de una función. Esto nos permite comprender con precisión lo que se busca regular. Durante esta etapa, resulta esencial determinar la causa raíz de cada fallo para evitar perder tiempo y recursos en abordar los síntomas en lugar de las causas subyacentes. Además, es fundamental evaluar cada modo de fallo en el nivel adecuado, evitando aquellos sobre los cuales la organización no tiene influencia (Moubray, 1991).

#### **Efecto de las fallas**

Al identificar cada modo de fallo, también es necesario registrar sus consecuencias. En otras palabras, se trata de comprender qué sucedería si ocurriera

el modo de fallo que se está analizando. Esta fase permite visualizar la importancia de cada fallo y determinar el nivel de intervención necesario, si es que se requiere. Abordar estas primeras cuatro preguntas del proceso RCM brinda oportunidades inesperadas y, a menudo, significativas para mejorar el rendimiento y la seguridad, así como para eliminar errores. También mejora de manera significativa la comprensión del funcionamiento de los equipos (Moubray, 1991).

### **Consecuencias de las fallas**

Una vez que se han identificado las funciones, los fallos funcionales, los modos de fallo y los efectos del activo analizado, la siguiente etapa del proceso RCM implica determinar la importancia de cada fallo. Esto se debe a que los resultados de cada fallo determinan si se requiere una intervención proactiva. En caso afirmativo, también indica el nivel de esfuerzo necesario para analizar los fallos (Moubray, 1991).

### **Análisis de criticidad**

Mediante el presente análisis se puede establecer la criticidad de los distintos equipos con el propósito de establecer acciones que puedan mejorar la disponibilidad de los equipos (Peñañiel, Arteaga, y Daquinta, 2021).

- **Metodología propuesta para el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)**

Los objetivos del AMEF son disminuir el tiempo y aumentar la eficacia en proyectos de innovación, mejorar la situación actual al predecir fallas futuras en función de acciones correctas, simulando las causas de fallas y mantenimiento en producción u operaciones. También está analizar y evaluar el rendimiento del trabajo completado y desarrollar estrategias de mejora del producto. Por último,

educar y capacitar al personal para colaborar en la planificación con el fin de que puedan anticipar sus propios errores, identificando las causas posibles, proponiendo acciones preventivas durante la planificación y evaluando resultados después de la planificación. (Progressa Lean, 2016)

Dentro de las ventajas del AMEK, es que permite la predicción de posibles fallas en nuevos productos y es una guía para que las empresas manufactureras integren los principios de mejora continua en el diseño y la mejora enfocada a los productos y la gama de mercados a la venta, convirtiéndola en una herramienta efectiva, en el mercado de corto y mediano plazo. Esta metodología es parte del Sistema de Gestión Lean y de varias herramientas desarrolladas dentro del Proyecto Lean. Pasos del proceso AMEF (Progressa Lean, 2016)

Iniciar con la decisión de optimizar la calidad del producto que se quiera diseñar.

Formar un equipo AMEF para el trabajo.

Se identifica el producto.

Luego se compila información en diagramas de bloques, funciones y diagrama del sistema con el propósito de realizar lo siguiente:

Por función y componentes el AMEF.

Implantación de modificaciones a los equipos.

Por último, mejora de calidad en los equipos.

### **Disponibilidad**

Es una herramienta que va dar crédito en forma muy globalizada tanto en estadísticas como en porcentajes de un tiempo total parcialmente a un equipo cumple con diversas funciones para su destinación. Por otra parte, para que se

evalúe esta característica de disponibilidad en un equipo es importante que cumpla con ciertos parámetros el primero una condición estable que incluye que incluye un tiempo de operación constante se refiere a que este tiempo tiene que estar activo y programado.

- **Tiempo promedio entre fallas (MTBF)**

El tiempo promedio entre fallas genera un punto de referencia entre la disponibilidad de está bien o está mal para poder hacer las verificaciones correspondientes a un mantenimiento en el área de gestión de una maquinaria es necesario que podamos venir la fracción de un tiempo total en base a la colección típica o atípica que genere este es por ello que hablamos de una duración o un período promedio entre fallas.

- **Tiempo promedio de reparación (MTTR)**

El tiempo promedio entre fallas genera un punto de referencia entre la disponibilidad de está bien o está mal para poder hacer las verificaciones correspondientes a un mantenimiento en el área de gestión de una maquinaria es necesario que podamos venir la fracción de un tiempo total en base a la colección típica o atípica que genere este es por ello que hablamos de una duración o un período promedio entre fallas.

## **2.2 Descripción de las acciones, metodologías y procedimientos a los que se recurrió para resolver la situación profesional objeto del informe**

Para resolver el problema identificado de baja disponibilidad de los equipos de evaluación del Centro de Inspección Técnica Vehicular Ilo S.A.C. se procedió a aplicar un mantenimiento basado en la confiabilidad de los equipos, puesto que el mantenimiento preventivo no obtuvo los resultados favorables, debido a la inadecuada operación de los equipos, así como no se tenía una cultura de mantenimiento dentro de la empresa. Por ende, se buscó el compromiso de los accionistas y del equipo de trabajo a fin de que las mejoras permitan obtener resultados favorables. Por ello, se procedió a aplicar la metodología de solución RCM expuesta anteriormente.

### ***2.2.1. Desarrollar objetivos operacionales***

Es ampliamente reconocido que la mejora continua es esencial para obtener resultados a corto plazo y mantener un respaldo sólido. En una reunión con los accionistas de CITV ILO S.A.C., se presentaron las acciones prioritarias a llevar a cabo. En primer lugar, se enfocó en mejorar el rendimiento de los equipos de evaluación, con el objetivo de lograr una disponibilidad no menor al 99.5% en todos los equipos. Esto se debe a que la empresa se encuentra en una zona altamente competitiva, donde otras organizaciones aprovechan las debilidades. Los accionistas de CITV ILO S.A.C. tienen expectativas de superar el 99.5% de disponibilidad, por lo tanto, la planta de evaluación vehicular debe operar al máximo de su capacidad para estar siempre lista para las demandas del sector.

### 2.2.2. Identificar los equipos que presentan baja confiabilidad

No necesariamente todos los equipos de evaluación técnica deben incluirse en un mantenimiento centrado en la confiabilidad, esto debido a que podría ser perjudicial al incrementar los costos para la empresa. Puesto que, existen otros mantenimientos como que son más recomendables para equipos que poseen alta confiabilidad como el mantenimiento preventivo o autónomo. Para ello, se identificó en primera instancia las horas de parada y los motivos de inclusión.

**Tabla 8**

*Indicadores de disponibilidad*

<b>Equipos e instrumentos</b>	<b>Marca / fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Horas de parada</b>	<b>Motivo de inclusión</b>
1 Regloscopio con Luxómetro	Tecnolux SRL	2505/L1	1	No cumple con el mínimo del 99.5% de disponibilidad
1 Alineador dirección al paso	MAHA	MINC II	1	No incluye debido a que cumple con el mínimo de disponibilidad.
1 Frenómetro de rodillos	MAHA	I W 7	3	No cumple con el mínimo del 99.5% de disponibilidad
1 Banco de Pruebas de Suspensión	MAHA	SA2	4	No cumple con el mínimo del 99.5% de disponibilidad
1 Detector de holguras	MAHA	LMS 20/2	1	No incluye debido a que cumple con el mínimo de disponibilidad.
1 Analizador de Gases	Pierburg Instruments	HGA 400 4 GR	6	No cumple con el mínimo del 99.5% de disponibilidad
1 Opacímetro	BRAIN BEE	OPA-100	3	No cumple con el mínimo del 99.5% de disponibilidad
Reflectómetro (Medidor de brillo)	ETB	ETB-0686	4	No incluye debido a que cumple con el mínimo de disponibilidad.
1 Sonómetro	FLUS	ET-958	0.1	No cumple con el mínimo del 99.5% de disponibilidad
1 Profundímetro análogo	S/N	S/M	0.2	No incluye debido a que cumple con el mínimo de disponibilidad.

*Nota:* La tabla muestra el sustento para la inclusión de los equipos.

Posterior a ello se identificó la frecuencia acumulada a fin de identificar los equipos que presentan mayor horas de parada no programada.

**Tabla 9***Frecuencia de causas acumuladas*

<b>Equipo</b>	<b>Horas de parada</b>	<b>% Frecuencia normalizada</b>	<b>% Frecuencia Acumulada</b>
1 Analizador de Gases	6	25%	25%
1 Banco de Pruebas de Suspensión	4	16%	41%
1 Frenómetro de rodillos	3	12%	70%
1 Opacímetro	3	12%	82%
1 Regloscopio con Luxómetro	2	8%	91%
1 Reflectómetro (Medidor de brillo)	1	16%	58%
1 Alineador dirección al paso	1	4%	95%
1 Detector de holguras	1	4%	99%
1 Profundímetro análogo	0.2	1%	100%
1 Sonómetro	0.1	0%	100%
	24.3	100%	

*Nota:* La tabla muestra la frecuencia acumulada de las causas del problema.

Como se identificó en la tabla anterior se trabajó con un total de 4 equipos que requieren un mantenimiento centrado en confiabilidad. Si bien se evidencia que las horas de paradas no son tan elevadas de manera mensual, esto se debe a que los equipos no tienen mucho tiempo de antigüedad, es decir, no sobrepasan los 5 años, por lo que se busca es reducir las horas de paradas y a la vez mantener la confiabilidad durante los años siguientes en los activos dentro del alcance.

### ***2.2.3. Identificar funciones de cada recurso en contexto operacional***

Mediante la revisión de cada componente de los equipos involucrados se identificó los elementos principales a fin de identificar las fallas potenciales en el estudio:

**Tabla 10***Frecuencia de causas acumuladas*

<b>Sonómetro</b>	<b>Opacímetro</b>	<b>Frenómetro</b>	<b>Equipo banco de suspensión</b>	<b>Analizador de gases</b>	<b>Luxómetro</b>
Tarjeta electrónica	Software	Fuente de alimentación	Software	Software	Sistema electrónico
Fuente de alimentación	Fuente de alimentación	Software	Resortes	Fuente de alimentación	Software
Software	Ventiladores	Rodillos de frenado	Fuente de alimentación	Mangueras	Fuente de alimentación
Cable de comunicación al Software	Cámara de muestreo	Sensor inductivo	Plataforma y teflones	Sonda	Pantalla reflectora
	Tarjeta SAV3030.	Sensor inductivo	Sensor de movimiento	Filtros	Circuito electrónico
	Sonda de muestreo	Sensor de presencia	Eje Excéntrico	Trampa de agua	Láser de paralelismo
	Lentes	Chumaceras	Motor eléctrico	Sensor de oxígeno	Estructura metálica
		Piñones de transmisión		Tarjeta electrónica	
		Cadena de arrastre		Cámara header	
		Caja de transmisión.		Bomba de succión	
		Motor eléctrico			

*Nota:* La tabla los sistemas principales de los equipos dentro del alcance.

#### **2.2.4. Análisis del modo y efecto de fallas**

Mediante el método de análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) se obtuvo las fallas críticas acontecidas a los equipos del CITV que son necesarias solucionar o evitar para aumentar la disponibilidad, en ese sentido, mediante reuniones con el personal de mantenimiento e inspección de los reportes se realizó el listado de las fallas y se omitió las fallas con información similares con el fin de evitar la duplicidad.

En el análisis de modo y efecto de fallas, se requiere establecer la causa del fallo, su efecto y la manera de su control por parte de la empresa en estudio, por ende, para el cálculo del Número Prioritario de Riesgo (NPR) se cuenta con la siguiente fórmula:

$$NPR = O \times S \times D$$

Dónde:

O: Ocurrencia

S: Severidad

D: Detección

Tanto la ocurrencia, severidad y la detección se obtiene empleando el siguiente criterio:

**Tabla 11**

*Criterios de evaluación de severidad, ocurrencia y detección*

<b>Ponderación</b>	<b>Severidad (S)</b>	<b>Ocurrencia (O)</b>	<b>Detección (D)</b>
10	Peligro imprevisible	Muy alta	Casi imposible
9	Peligro previsible	Falla es casi inevitable	Muy remota
8	Muy alto	Alta	Remota
7	Alto	Fallado frecuentemente	Mínima
6	Moderado	Moderada	Muy baja
5	Bajo	Experimento fallas	Baja
4	Muy bajo	Ocasional	Altamente moderada
3	Pequeño	Baja	Moderado
2	Muy pequeño	Muy baja	Muy alta
1	Ninguno	Remota	Casi seguro

*Nota:* La tabla los valores para la evaluación.

El rango del NPR varía de la siguiente manera:

1-124: Riesgo de falla bajo

125-300: Riesgo de falla medio

Mayor a 300: Riesgo de fallo alto

Por tanto, se realiza el AMEF se emplea para analizar la probabilidad de riesgo de una falla en los distintos equipos parte del estudio.

## **CAPÍTULO III**

### **APORTES Y DESARROLLO DE EXPERIENCIAS**

#### **3.1 Aportes utilizando los conocimientos o bases teóricas adquiridos durante la carrera**

Los aportes provenientes de la aplicación del conocimiento y la base teórica adquirida durante el transcurso de la carrera se manifiestan de manera notoria en este trabajo de suficiencia profesional, contribuyendo significativamente a su éxito.

##### **3.1.1 Comprender el funcionamiento de equipos de inspección técnica vehicular**

La comprensión detallada del funcionamiento de los equipos de inspección técnica vehicular, resultado de los conocimientos en operación y mantenimiento adquiridos, se plasma en este documento. Se identifica con claridad el propósito de estos equipos y el mantenimiento necesario para lograr una solución efectiva que garantice una alta disponibilidad.

##### **3.1.2 La experiencia en el uso de la Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)**

La experiencia adquirida en el campo laboral, específicamente en una empresa de revisión técnica vehicular, se ha traducido en la formulación de un plan de mantenimiento basado en RCM. Este plan tiene como objetivo mejorar la

disponibilidad de los equipos y asegurar la incorporación de los formatos necesarios para las operaciones.

### **3.1.3 Aportes de formatos como parte del mantenimiento que realiza la empresa**

La inclusión de formatos ha resultado fundamental para mejorar las operaciones en el ámbito profesional, debido a que el mantenimiento deficiente que la empresa venía llevando a cabo. La introducción de estos formatos proporciona a los encargados de mantenimiento herramientas adicionales para realizar su trabajo de manera más eficiente.

### **3.1.4 Aporte al mantenimiento que se realiza a los equipos de centro de inspección técnica vehicular.**

El mantenimiento de los equipos en un centro de inspección técnica vehicular es crucial para garantizar su confiabilidad y disponibilidad, en este sentido, el presente trabajo aporta conocimiento teórico relevante sobre el mantenimiento de los equipos utilizados en la revisión de la operación de los vehículos, consolidando así un valioso aporte al ámbito de la inspección técnica vehicular.

## **3.2 Desarrollo de experiencias**

Se presenta la experiencia profesional en la mejora de disponibilidad en la empresa en estudio.

### **3.2.1 Método de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMEF)**

El uso del método AMEF como parte del análisis de los equipos del centro de inspección técnica vehicular se expone como un enfoque sistemático que contribuye en identificar y establecer los potenciales fallos en los distintos equipos,

en ese sentido, su utilización dentro de la empresa en estudio radica en que permite prevenir y mitigar posibles riesgos, así como establecer acciones preventivas. Por tanto, se realiza el AMEF se presenta de la siguiente manera:

**Tabla 12**

AMEF para frenómetro

Cód.	Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	SEVERIDAD (S)	Causa potencial del fallo	OCURRENCIA	Controles actuales	DETECCIÓN (D)	Número prioritario del riesgo (NPR)	Estado y acción recomendada	Área responsable	Resultados				
											Acción correctora	S	O	D	Número prioritario del riesgo (NPR)
R0-01	Sobrecarga que ocasiona agrietamiento estructural	Sobrecarga, desgaste de vida útil.	9	Uso continuo y sobrecarga en el frenómetro, causando desgaste en los componentes.	6	Establecimiento de límites de carga máxima y mantenimiento preventivo. Inspección visual antes de cada uso.	5	270	Cambio de pieza estructural.	Jefe de mantenimiento	Verificar	9	4	1	36
R0-02	Placas abolladas de estructura	Deterioro de la estructura.	8	Deterioro estructural debido al uso y al envejecimiento del equipo.	5	Inspección visual.	6	240	Revisar placas y en caso de estar abolladas cambiarlas.	Jefe de mantenimiento	Verificar	8	3	2	48
R0-03	Malos contactos eléctricos	Averías en el equipo, energía insuficiente.	7	Fallos en la fuente de alimentación eléctrica o problemas de energía.	4	Inspección regular de la energía.	6	168	Revisión de contactos eléctricos, si están en mal estado ejecutar cambio de lo contrario limpiar. Realizar limpieza y verificar que el cableado se encuentre en buen estado.	Jefe de mantenimiento	Verificar	7	2	2	28
R0-04	Cables dañados por factores externos (suciedad, roedores etc.)	Cables deteriorados, interrupción de la fuente eléctrica	7	Desgaste o daño de los cables eléctricos que interrumpen la alimentación.	5	Cables desgastados.	6	210		Jefe de mantenimiento	Verificar	7	3	2	42

R0-05	Cables eléctricos sulfatados	No hay paso de corriente.	8	Fallos en la conexión eléctrica o en el suministro de energía.	4	Mantenimiento de conexiones eléctricas.	5	160	Cambiar cables sulfatados y revisar aislamiento.	Jefe de mantenimiento	Verificar	8	2	1	16
R0-06	Sobrecargas eléctricas	Sensores quemados.	9	Sobrecarga eléctrica o problemas en los sensores.	4	Calibración periódica.	5	180	Cambio de sensores.	Jefe de mantenimiento	Verificar	9	2	1	18
R0-07	Cortocircuito en sensores	El sensor no emite valores de referencia.	9	Desgaste o daño del sensor o problemas electrónicos.	4	Calibración regular.	5	180	Reemplazar sensores eléctricos	Jefe de mantenimiento	Verificar	9	2	1	18
R0-08	Desgaste en uniones de soldaduras	Los rodillos no giran.	8	Desgaste o bloqueo de los rodillos.	5	Inspección visual antes de cada uso.	4	160	Revisar conexiones eléctricas y soldar nuevamente en caso de desgaste de soldadura	Jefe de mantenimiento	Verificar	8	3	1	24
R0-09	Desgaste en ejes	Rotura del eje	9	Fatiga del material o sobrecarga en los ejes.	4	Inspección regular.	5	180	Reemplazar la pieza.	Jefe de mantenimiento	Verificar	9	2	1	18
R0-10	Fallas por deformación en eje	Rotura del eje, mal funcionamiento del sistema	9	Impacto severo o sobrecarga causando rotura del eje y mal funcionamiento.	3	Inspección visual.	5	135	Efectuar el cambio de los ejes.	Jefe de mantenimiento	Verificar	9	1	1	9
R0-11	Fallas dúctiles en ejes	Deformación permanente, rotura de material.	9	Impacto severo o sobrecarga, causando deformación o rotura de componentes.	3	Inspección visual.	6	162	Realizar cambio inmediato de los ejes.	Jefe de mantenimiento	Verificar	9	1	1	9
R0-12	Sobrecarga en ejes de prueba	Sobrecarga en los ejes.	9	Uso continuo y sobrecarga en los ejes de prueba.	5	Inspección visual antes de cada uso.	5	225	Cambio de los ejes.	Jefe de mantenimiento	Verificar	9	3	1	27

R0-13	Fatiga en los ejes	Uso excesivo.	8	Uso intensivo y constante del frenómetro. Desgaste de componentes o problemas en el sistema de transmisión.	6	Capacitación en el uso adecuado.	4	192	Cambio de ejes.	Jefe de mantenimiento	Verificar	8	4	1	32
R0-14	Falta de lubricación	Ruido excesivo	7	Problemas en la cadena de transmisión o falta de lubricación.	4	Inspección del sistema de transmisión.	5	140	Lubricar cadena.	Jefe de mantenimiento	Verificar	7	2	1	14
R0-15	Corrosión por humedad.	Cadena rígida, pérdida de potencia	8	Desgaste o daño de la cadena de transmisión.	5	Inspección visual.	4	160	Verificar cadena y lubricar, en caso de daño hacer cambio de ella.	Jefe de mantenimiento	Verificar	8	3	0	0
R0-16	Desgaste de cadena de transmisión	Ruido, fractura y cadena destensada.	7	Exposición a la humedad o condiciones adversas, causando oxidación.	4	Ajuste de la tensión adecuada.	5	140	Cambio de la cadena transmisora	Jefe de mantenimiento	Verificar	7	2	1	14
R0-17	Corrosión por humedad	Oxidación en los rodillos causando desgaste y fricción continua. Daño en el equipo como atascamiento y accidentes impidiendo su correcto funcionamiento.	7	Uso inadecuado o fallos críticos que afectan la seguridad.	5	Inspección visual.	5	175	Lubricar, limpiar y en caso de daño reemplazar los rodillos	Jefe de mantenimiento	Verificar	7	3	1	21
R0-18	Falta de limpieza.	Fricción del sistema excesiva causando pérdidas mecánicas.	9	Desgaste o falta de lubricación en componentes mecánicos.	3	Inspección visual y evaluación de seguridad.	4	108	Realizar limpieza y verificación de equipo.	Jefe de mantenimiento	Verificar	9	1	1	9
R0-19	Desgaste abrasivo.	Prueba de frenado errónea y parada no	8	Problemas en el sistema de frenado o en la	4	Lubricación adecuada.	5	160	Revisar niveles de aceite.	Jefe de mantenimiento	Verificar	8	2	1	16
R0-20	Sobrecarga de rodillos		8		4	Calibración y programación adecuada.	5	160	Verificar rodillos, ejes y rodamiento en	Jefe de mantenimiento	Verificar	8	2	1	16

R0-21	Corrosión por humedad	deseada del frenómetro. Oxidación en los rodillos causando desgaste y fricción continua Daño en el equipo como atascamiento y accidentes impidiendo su correcto funcionamiento.	4	electrónica de control. Exposición a la humedad o condiciones adversas, causando oxidación.	5	Inspección visual.	5	100	caso de daño reemplazar. Lubricar, limpiar y reemplazar las piezas afectadas.	Jefe de mantenimiento	Verificar	4	3	1	12
R0-22	Falta de limpieza.	Fricción del sistema excesiva causando pérdidas mecánicas.	9	Uso inadecuado o fallos críticos que afectan la seguridad.	3	Inspección visual y evaluación de seguridad.	4	108	Realizar limpieza y verificación de equipo.	Jefe de mantenimiento	Verificar	9	1	1	9
R0-23	Falta de lubricación.	Atascamiento del sistema mecánico.	8	Desgaste o falta de lubricación en componentes mecánicos.	4	Inspección visual.	5	160	Revisar niveles de aceite.	Jefe de mantenimiento	Verificar	8	2	1	16
R0-24	Desgaste abrasivo	Paradas inesperadas e ineficiencia.	8	Bloqueo o falta de movimiento en componentes mecánicos.	4	Lubricación y ajustes adecuados.	5	160	Realizar limpieza y en caso de daño reemplazo de piezas dañadas	Jefe de mantenimiento	Verificar	8	2	1	16
R0-25	Desgaste del embobinado en motor	Fallos en el sistema de control o problemas en la fuente de alimentación.	7	Fallos en el sistema de control o problemas en la fuente de alimentación.	3	Inspección de la fuente	4	84	Cambio del embobinado o reemplazo del motor.	Jefe de mantenimiento	Verificar	7	1	1	7

**Tabla 13**

*AMEF para banco de suspensión*

Cód.	Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	SEVERIDAD (S)	Causa potencial del fallo	OCURRENCIA (O)	Controles actuales	DETECCIÓN (D)	Número prioritario del riesgo (NPR)	Estado y acción recomendada	Resultados				
										Acción correctora	S	O	D	Número prioritario del riesgo (NPR)
Cod.-01	El sensor de peso no está calibrado correctamente y no proporciona mediciones precisas del peso de la suspensión.	Falla Calibración en sensor de peso	8	Desgaste de sensor Cambios en el ambiente	5	Programa de calibración periódica del sensor Mantenimiento de condiciones ambientales estables	7	280	Realizar calibración periódica del sensor.	Verificar	8	2	3	48
Cod.-02	La caja de suspensión se rompe debido a la aplicación de un peso o carga superior al que puede soportar.	Ruptura por Sobre peso en Caja de Suspensión	9	Desgaste de la caja de suspensión	4	Mantenimiento y reemplazo programado de la caja	6	216	Capacitar al personal en la calibración.	Verificar	9	1	2	18
Cod.-03	Pruebas pueden ser inexactos o no confiables	Uso de Software Ryme con Datos Deficientes	7	Error de entrada de datos	4	Validación de datos de entrada por parte del operador	6	168	Programar mantenimiento y reemplazo de la caja de suspensión.	Verificar	7	1	2	14
Cod.-04	Mala configuración de la duración de la prueba para optimizar el tiempo de trabajo	No permitir suficiente tiempo para recopilar datos adecuados.	7	Fallos en el proceso de carga de datos	4	Revisión y ajuste de la programación de pruebas	6	168	Validar los datos de entrada antes de su uso.	Verificar	7	1	2	14

Cod.-05	El sistema de medición de impulsos de velocidad no es preciso y sufre desgaste.	Datos de Velocidad Inexactos	8	Fallos en los sensores de velocidad	5	Calibración y mantenimiento periódico de sensores	6	240	Revisar y ajustar la programación de pruebas.	Verificar	8	2	2	32
Cod.-06	Ruptura en Faja de Suspensión	Fatiga del material o a la aplicación de fuerzas inadecuadas.	9	Sobrecarga durante las pruebas	6	Límites de carga establecidos y supervisados	7	378	Calibrar y mantener los sensores de velocidad.	Verificar	9	3	3	81
Cod.-07	Sellos de empaque desgastados	Chumacera Arroja Excesivo Lubricante	9	Fallos en la chumacera	4	Mantenimiento y reemplazo programado de la chumacera	8	288	Establecer límites de carga y supervisar su cumplimiento.	Verificar	9	1	4	36
Cod.-08	Sobre Estiramiento en Resorte de Suspensión	Resorte de Suspensión se Estira más Allá de sus Límites de Diseño	9	Sobrecarga durante las pruebas	4	Límites de carga establecidos y supervisados	8	288	Capacitar al personal y controlar el proceso de lubricación.	Verificar	9	1	4	36
Cod.-09	Ruptura de Templador de Faja de Suspensión	Tensiones excesivas o fatiga del material	8	Sobrecarga durante las pruebas	6	Límites de carga establecidos y supervisados	7	336	Establecer límites de carga y supervisar su cumplimiento.	Verificar	8	3	3	72

**Tabla 14**

*AMEF para analizador de gases*

Cód.	Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	SEVERIDAD (S)	Causa potencial del fallo	OCURRENCIA (O)	Controles actuales	DETECCIÓN (D)	Número prioritario del riesgo (NPR)	Estado y acción recomendada	Resultados				
										Acción correctora	S	O	D	Número prioritario del riesgo (NPR)
R0-01	Mediciones Inexactas	Desgaste de Sensores	3	Desgaste de los componentes internos de los sensores de gases.	5	Inspección periódica del estado de los sensores.	7	105	Mantenimiento y reemplazo periódico de sensores.	Verificar	3	2	3	18
R0-02	Fallo en el Sistema de Suministro	Filtro de Muestra Obstruido	5	Acumulación de partículas y contaminantes en el filtro de muestra.	6	Inspección y limpieza periódica del filtro	6	180	Programar reemplazo regular del filtro.	Verificar	5	3	2	30
R0-03	Fallo en la Unidad de Análisis	Fallo del Sistema Electrónico	6	Problemas en la alimentación eléctrica	4	Mantenimiento preventivo y pruebas esporádicas del sistema	5	120	Mantenimiento preventivo y pruebas del sistema.	Verificar	6	1	1	6
R0-04	Fallo en la Unidad de Análisis	Desgaste de Componentes Mecánicos	7	Desgaste de piezas mecánicas críticas.	5	Reemplazo de piezas mecánicas	6	210	Mantenimiento preventivo y reemplazo de piezas.	Verificar	7	2	2	28
R0-05	Interferencia de Gases Externos	Fugas en el Sistema de Muestreo	3	Daño o desgaste de sellos y conexiones.	4	Pruebas de hermeticidad y reemplazo de sellos deteriorados.	6	72	Mantenimiento y revisión regular del sistema.	Verificar	3	1	2	6
R0-06	Interferencia de Gases Externos	Contaminación del Sistema de Muestreo	7	Introducción de contaminantes químicos	5	Mantenimiento y limpieza periódica del sistema de muestreo.	7	245	Mantenimiento y limpieza periódica del sistema. Verificar el uso de materiales no contaminantes	Verificar	7	2	3	42

**Tabla 15**

*AMEF para regloscopio con luxómetro*

Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	SEVERIDAD (S)	Causa potencial del fallo	OCURENCIA (O)	Controles actuales	DETECCIÓN (D)	Número prioritario del riesgo (NPR)	Estado y acción recomendada	Área responsable	Resultados				
										Acción correctora	S	O	D	Número prioritario del riesgo (NPR)
Iluminación Insuficiente	Bombillas o LEDs dañados o quemados	9	Desgaste de componentes de iluminación.	4	Inspección visual antes de cada uso.	6	216	Mantenimiento preventivo y reemplazo regular de bombillas/LEDs. Inspección visual antes de cada uso.	Jefe de mantenimiento	Verificar	9	1	2	18
Luxómetro no Calibrado	Fallo en la fuente de alimentación	7	Problemas eléctricos o pérdida de energía.	6	Mantenimiento preventivo y revisión de la fuente de alimentación	5	210	Mantenimiento preventivo y revisión de la fuente de alimentación. Uso de fuentes de alimentación de respaldo.	Jefe de mantenimiento	Verificar	7	3	1	21
Alineación Incorrecta	Variaciones en la iluminación ambiente	8	Cambios en la iluminación exterior.	4	Cortinas para reducir la influencia de la iluminación exterior.	6	192	Control ambiental y uso de cortinas o pantallas para reducir la influencia de la iluminación exterior.	Jefe de mantenimiento	Verificar	8	1	2	16
Pantalla Opaca o Dañada	Fallo en el sistema de iluminación	7	Problemas en el sistema de iluminación.	4	Inspección regular del sistema.	6	168	Mantenimiento preventivo y reparación del sistema de iluminación. Inspección regular del sistema.	Jefe de mantenimiento	Verificar	7	1	2	14

Inadecuada precisión de las mediciones de iluminación y la calidad de las inspecciones.	Desgaste de la columna métrica para ajustar la altura	4	Desgaste natural de la columna métrica.	4	Regular de la columna.	5	80	Mantenimiento preventivo y lubricación regular de la columna. Inspección visual del estado de la columna.	Jefe de mantenimiento	Verificar	4	1	1	4
Puente de Entrada y Cargador en Mal Estado	Problemas de alimentación eléctrica del regloscopio	4	Problemas en la alimentación eléctrica.	3	Mantenimiento de conexiones eléctricas.	4	48	Uso de sistemas de alimentación eléctrica estabilizada y protegida contra sobretensiones. Mantenimiento de conexiones eléctricas.	Jefe de mantenimiento	Verificar	4	1	1	4
Disminución significativa en la intensidad de la iluminación.	Desreglaje de 1° debido a desajuste	5	Desajuste o calibración incorrecta.	5	Calibración y ajuste periódico del regloscopio	6	150	Calibración y ajuste periódico del regloscopio. Capacitación del personal en el manejo adecuado del equipo.	Jefe de mantenimiento	Verificar	5	2	2	20

**Tabla 16**

*AMEF para opacímetro*

Cód.	Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	SEVERIDAD (S)	Causa potencial del fallo	OCURRENCIA (O)	Controles actuales	DETECCIÓN (D)	Número prioritario del riesgo (NPR)	Estado y acción recomendada	Resultados				
										Acción correctora	S	O	D	NPR
R0-01	Errores en el Software	Mediciones incorrectas	4	Programación incorrecta o errores en el software	4	Capacitación del personal en el uso del software.	5	80	Actualización y verificación periódica del software. Capacitación del personal en el uso del software.	Verificar	7	2	1	14
R0-02	Problemas Eléctricos o de Lámpara	Lámparas defectuosas que afectan la iluminación y mediciones	6	Problemas eléctricos o lámparas defectuosas	4	Reemplazo de lámparas.	5	120	Mantenimiento preventivo y reemplazo de lámparas. Inspección regular del sistema de iluminación.	Verificar	7	2	1	14
R0-03	Mediciones inexactas	Desajuste o calibración incorrecta	3	Calibración incorrecta o desajuste del equipo	3	Calibración y verificación periódica del equipo.	5	45	Calibración y verificación periódica del sistema. Capacitación del personal en el manejo adecuado del equipo.	Verificar	8	1	1	8
R0-02	Fallos en componentes electrónicos o conexiones, afectando la generación y procesamiento de señales.	Problemas en la electrónica	3	Fallos en componentes electrónicos o conexiones inadecuadas	4	Inspección regular.	5	60	Mantenimiento preventivo y revisión de componentes electrónicos. Inspección regular.	Verificar	9	2	1	18
R0-03	Desgaste o daño de cables de conexión, causando interrupciones en la transmisión de datos y señales.	Desgaste o daño de cables	4	Desgaste o daño de cables de conexión	4	Inspección regular de los cables.	6	96	Inspección regular de los cables. Reemplazo de cables desgastados o dañados.	Verificar	7	2	2	28
R0-04	Ingreso de humedad o condiciones	Quemadura de	4	Ingreso de humedad o	3	Protección contra la	6	72	Mantenimiento preventivo y protección contra la	Verificar	9	1	2	18

	adversas, dañando componentes electrónicos.	transistores, condensadores por la humedad		condiciones ambientales adversas		humedad y mantenimiento preventivo.		humedad. Reemplazo de componentes dañados.						
R0-05	Desgaste de la manguera de medición, afectando la conexión y la precisión de las mediciones.	Desgaste de la manguera de medición	3	Uso continuo y desgaste de la manguera de medición	4	Reemplazo de la manguera de medición cuando sea necesario.	6	72	Mantenimiento preventivo y reemplazo de mangueras desgastadas. Inspección antes de cada uso.	Verificar	7	2	2	28
R0-06	Ingreso de humedad o condiciones adversas, causando cortes en la fuente de alimentación.	Fuente de alimentación realización por la humedad	3	Ingreso de humedad o condiciones ambientales adversas	4	Comprobación regular de la fuente.	6	72	Protección contra la humedad y uso de fuentes de alimentación adecuadas. Comprobación regular de la fuente.	Verificar	6	2	2	24

- **Fallas críticas**

La mejora de las operaciones de mantenimiento impulsada por el RCM se implementa entre el personal destacado, en lo que respecta a la comprensión de las tareas, los protocolos de seguridad y las actividades planificadas, por lo que se muestra las fallas por subsistemas:

Para el regloscopio con luxómetro:

**Tabla 17**

*Fallas según sistema del regloscopio con luxómetro*

<b>Cod.</b>	<b>Sistema</b>	<b>Subsistema</b>	<b>Falla</b>
R0-01	sistema mecánico	Piezas estructurales	Sobrecarga que ocasiona agrietamiento estructural
R0-02	sistema mecánico	Discos de freno	Placas abolladas de estructura
R0-03	sistema eléctrico	Conexiones eléctricas	Malos contactos eléctricos
R0-04	sistema eléctrico	Conexiones eléctricas	Cables dañados por factores externos (suciedad, roedores etc.)
R0-05	sistema eléctrico	Conexiones eléctricas	Cables eléctricos sulfatados
R0-06	sistema eléctrico	componentes eléctricos	Sobrecargas eléctricas
R0-07	sistema eléctrico	Conexiones eléctricas	Cortocircuito en sensores
R0-08	sistema eléctrico	Conexiones eléctricas	Desgaste en uniones de soldaduras
R0-09	sistema mecánico	Ejes	Desgaste en ejes
R0-10	sistema mecánico	Ejes	Fallas por deformación en eje
R0-11	sistema mecánico	Ejes	Fallas dúctiles en ejes
R0-12	sistema mecánico	Ejes	Sobrecarga en ejes de prueba
R0-13	sistema mecánico	Ejes	Fatiga en los ejes
R0-14	sistema mecánico	Cadena de transmisión	Falta de lubricación
R0-15	sistema mecánico	Cadena de transmisión	Corrosión por humedad.
R0-16	sistema eléctrico	Conexiones eléctricas	Desgaste de cadena de transmisión
R0-17	sistema mecánico	Rodillos, ejes y rodamiento	Corrosión por humedad
R0-18	sistema mecánico	Rodamiento de frenado	Falta de limpieza.
R0-19	sistema mecánico	Lubricación	Desgaste abrasivo.
R0-20	sistema eléctrico	Rodillos, ejes y rodamiento	Sobrecarga de rodillos
R0-21	sistema mecánico	Rodillos de frenado	Corrosión por humedad
R0-22	sistema mecánico	Rodillos de frenado	Falta de limpieza.
R0-23	sistema mecánico	Rodillos de frenado	Falta de lubricación.
R0-24	sistema mecánico	Rodillos de frenado	Desgaste abrasivo
R0-25	sistema eléctrico	Motor eléctrico	Desgaste del embobinado en motor

Para el regloscopio con luxómetro:

**Tabla 18**

*Fallas según sistema de regloscopio con luxómetro*

<b>Cod.</b>	<b>Sistema</b>	<b>Subsistema</b>	<b>Falla</b>
Cod.-01	Sistema de medición	Medición de Peso	El sensor de peso no está calibrado correctamente y no proporciona mediciones precisas del peso de la suspensión.
Cod.-02	Sistema de suspensión	Medición de Peso	La caja de suspensión se rompe debido a la aplicación de un peso o carga superior al que puede soportar.
Cod.-03	Sistema de control	Caja de Suspensión	Pruebas pueden ser inexactos o no confiables
Cod.-04	Sistema de control	Sistema de Duración de Prueba	Mala configuración de la duración de la prueba para optimizar el tiempo de trabajo
Cod.-05	Sistema de medición	Sistema de Medición de Impulsos de Velocidad	El sistema de medición de impulsos de velocidad no es preciso y sufre desgaste.
Cod.-06	Sistema de suspensión	Faja de Suspensión	Ruptura en Faja de Suspensión
Cod.-07	Sistema de suspensión	Empaques de sellado	Sellos de empaque desgastados
Cod.-08	Sistema de suspensión	Resorte de suspensión	Sobre Estiramiento en Resorte de Suspensión
Cod.-09	Sistema de suspensión	Faja de Suspensión	Ruptura de Templador de Faja de Suspensión

Para el analizador de gases:

**Tabla 19**

*Fallas según sistema de analizador de gases*

<b>Cod.</b>	<b>Sistema</b>	<b>Subsistema</b>	<b>Falla</b>
R0-01	Sensor de oxígeno	Sensor	Mediciones Inexactas
R0-02	Sensor de oxígeno	Filtro	Fallo en el Sistema de Suministro
R0-03	Unidad de Análisis	Unidad de Análisis	Fallo en la Unidad de Análisis
R0-04	Unidad de Análisis	Unidad de Análisis	Fallo en la Unidad de Análisis
R0-05	Trampa de agua	Interfaz de Gases Externos	Interferencia de Gases Externos
R0-06	Trampa de agua	Interfaz de Gases Externos	Interferencia de Gases Externos

Para el opacímetro:

**Tabla 20**

*Fallas según sistema de opacímetro*

<b>Cod.</b>	<b>Sistema</b>	<b>Subsistema</b>	<b>Falla</b>
R0-01	Sistema de control	Tarjeta electrónica	Errores en el Software
R0-02	Sistema de adquisición	Cámara de muestreo	Problemas Eléctricos o de Lámpara
R0-03	Sistema de adquisición	Sonda de muestreo	Mediciones inexactas
R0-02	Sistema de control	Tarjeta electrónica	Fallos en componentes electrónicos o conexiones, afectando la generación y procesamiento de señales. Desgaste o daño de cables de conexión, causando interrupciones en la transmisión de datos y señales.
R0-03	Fuente de alimentación	Fuente de alimentación	Ingreso de humedad o condiciones adversas, dañando componentes electrónicos.
R0-04	Sistema de adquisición	Sonda de muestreo	Desgaste de la manguera de medición, afectando la conexión y la precisión de las mediciones.
R0-05	Sistema de adquisición	Sonda de muestreo	Ingreso de humedad o condiciones adversas, causando cortes en la fuente de alimentación.
R0-06	Sistema de adquisición	Sonda de muestreo	

- **Acciones recomendadas para el mantenimiento de los equipos**

A través de la identificación de los posibles modos de fallo, se ha llevado a cabo la formulación de acciones recomendadas con el propósito de elevar la disponibilidad de los equipos. Además, se ha establecido una frecuencia específica para la ejecución de estas acciones. Se destaca que, en el caso de los equipos del Centro de Inspección Técnica Vehicular Ilo SAC, se ha observado que, aunque los indicadores se mantienen en niveles óptimos, la finalidad última de estas mejoras es garantizar el estado operativo a lo largo del tiempo.

**Tabla 21**

*Acciones y frecuencia preventiva para el frenómetro*

Código Mant. (ADM)	Código Mant. (ADM)	Tipo de actividad		Frecuencia						Recurso
		Preventiva	Correctiva	1	2	3	4	5	6	
ADM-A1	Cambio de pieza estructural.								X	Piezas estructurales
ADM-A2	Revisar placas y en caso de estar abolladas cambiarlas.								X	Discos de freno
ADM-A3	Revisión de contactos eléctricos, si están en mal estado ejecutar cambio de lo contrario limpiar.							X		Conexiones eléctricas
ADM-A4	Realizar limpieza y verificar que el cableado se encuentre en buen estado.								X	Conexiones eléctricas
ADM-A5	Cambiar cables sulfatados y revisar aislamiento.							X		Conexiones eléctricas
ADM-A6	Cambio de sensores.							X		componentes eléctricos
ADM-A7	Reemplazar sensores eléctricos								X	Conexiones eléctricas
ADM-A8	Revisar conexiones eléctricas y soldar nuevamente en caso de desgaste de soldadura								X	Conexiones eléctricas
ADM-A9	Reemplazar la pieza.					X				Ejes
ADM-A10	Efectuar el cambio de los ejes.					X				Ejes
ADM-A11	Realizar cambio inmediato de los ejes.					X				Ejes
ADM-A12	Cambio de los ejes.								X	Ejes
ADM-A13	Cambio de ejes.								X	Ejes
ADM-A14	Lubricar cadena.						X			Cadena de transmisión
ADM-A15	Verificar cadena y lubricar, en caso de daño hacer cambio de ella.								X	Cadena de transmisión
ADM-A16	Cambio de la cadena transmisora							X		Conexiones eléctricas
ADM-A17	Lubricar, limpiar y en caso de daño reemplazar los rodillos								X	Rodillos, ejes y rodamiento
ADM-A18	Realizar limpieza y verificación de equipo.					X				Rodamiento de frenado
ADM-A19	Revisar niveles de aceite.							X		Lubricación
ADM-A20	Verificar rodillos, ejes y rodamiento en caso de daño reemplazar.							X		Rodillos, ejes y rodamiento
ADM-A21	Lubricar, limpiar y reemplazar las piezas afectadas.								X	Rodillos de frenado
ADM-A22	Realizar limpieza y verificación de equipo.					X				Rodillos de frenado
ADM-A23	Revisar niveles de aceite.						X			Rodillos de frenado
ADM-A24	Realizar limpieza y en caso de daño reemplazo de piezas dañadas							X		Rodillos de frenado
ADM-A25	Cambio del embobinado o reemplazo del motor.								X	Motor eléctrico

*Nota:* Se establece la frecuencia de mantenimiento de 1 = diario, 2 = semanal, 3 = quincenal, 4 mensual, 5 = trimestral y semestral.

En la tabla anterior se evidencia el mantenimiento preventivo para el frenómetro, en donde se debe garantizar que las actividades se cumplan en las fechas establecidas, pues no se cuenta con una cartilla de mantenimiento ni información. Referente a las acciones recomendadas y su frecuencia de realización para el banco de suspensión:

**Tabla 22**

*Acciones y frecuencia preventiva para el banco de suspensión*

Código Mant. (ADM)	Código Mant. (ADM)	Tipo de actividad		Frecuencia						Recurso	
		Preventiva	Correctiva	1	2	3	4	5	6		
ADM-B1	El sensor de peso no está calibrado correctamente y no proporciona mediciones precisas del peso de la suspensión.								X	Medición de Peso	
ADM-B2	La caja de suspensión se rompe debido a la aplicación de un peso o carga superior al que puede soportar.							X		Medición de Peso	
ADM-B3	Pruebas pueden ser inexactos o no confiables							X		Caja de Suspensión	
ADM-B4	Mala configuración de la duración de la prueba para optimizar el tiempo de trabajo							X		Sistema de Duración de Prueba	
ADM-B5	El sistema de medición de impulsos de velocidad no es preciso y sufre desgaste.								X	Sistema de Medición de Impulsos de Velocidad	
ADM-B6	Ruptura en Faja de Suspensión									X	Faja de Suspensión
ADM-B7	Sellos de empaque desgastados							X			Empaques de sellado
ADM-B8	Sobre Estiramiento en Resorte de Suspensión							X			Resorte de suspensión
ADM-B9	Ruptura de Templador de Faja de Suspensión									X	Faja de Suspensión

*Nota:* Se establece la frecuencia de mantenimiento de 1 = diario, 2 = semanal, 3 = quincenal, 4 mensual, 5 = trimestral y semestral.

En la tabla anterior se evidencia el mantenimiento preventivo para el banco de suspensión, en donde se debe garantizar que las actividades se cumplan en las fechas establecidas, pues no se cuenta con una cartilla de mantenimiento ni información. Referente a las acciones recomendadas y su frecuencia de realización para el analizador de gases:

**Tabla 23**

*Acciones y frecuencia preventiva para el analizador de gases*

Código Mant. (ADM)	Código Mant. (ADM)	Tipo de actividad		Frecuencia						Recurso	
		Preventiva	Correctiva	1	2	3	4	5	6		
ADM-C1	Mantenimiento y reemplazo periódico de sensores.								X		Sensor de oxígeno
ADM-C2	Programar reemplazo regular del filtro.									X	Sensor de oxígeno
ADM-C3	Mantenimiento preventivo y pruebas del sistema.								X		Unidad de Análisis
ADM-C4	Mantenimiento preventivo y reemplazo de piezas.								X		Unidad de Análisis
ADM-C5	Mantenimiento y revisión regular del sistema.								X		Trampa de agua
ADM-C6	Mantenimiento y limpieza periódica del sistema. Verificar el uso de materiales no contaminantes									X	Trampa de agua

*Nota:* Se establece la frecuencia de mantenimiento de 1 = diario, 2 = semanal, 3 = quincenal, 4 mensual, 5 = trimestral y semestral.

En la tabla anterior se evidencia el mantenimiento preventivo para el analizador de gases, en donde se debe garantizar que las actividades se cumplan en las fechas establecidas, pues no se cuenta con una cartilla de mantenimiento ni información. Referente a las acciones recomendadas y su frecuencia de realización para el regloscopio con luxómetro:

**Tabla 24***Acciones y frecuencia preventiva para el opacómetro*

Código Mant. (ADM)	Código Mant. (ADM)	Tipo de actividad		Frecuencia						Recurso
		Preventiva	Correctiva	1	2	3	4	5	6	
ADM-E1	Actualización y verificación periódica del software. Capacitación del personal en el uso del software.						X			Tarjeta electrónica
ADM-E2	Mantenimiento preventivo y reemplazo de lámparas. Inspección regular del sistema de iluminación. Calibración y verificación periódica del sistema.						X			Cámara de muestreo
ADM-E3	Capacitación del personal en el manejo adecuado del equipo.					X				Sonda de muestreo
ADM-E4	Mantenimiento preventivo y revisión de componentes electrónicos. Inspección regular.									Tarjeta electrónica
ADM-E5	Inspección regular de los cables. Reemplazo de cables desgastados o dañados.						X			Fuente de alimentación
ADM-E6	Mantenimiento preventivo y protección contra la humedad. Reemplazo de componentes dañados.					X				Sonda de muestreo
ADM-E7	Mantenimiento preventivo y reemplazo de mangueras desgastadas. Inspección antes de cada uso. Protección contra la humedad y uso de fuentes de						X			Sonda de muestreo
ADM-E8	alimentación adecuadas. Comprobación regular de la fuente.						X			Sonda de muestreo

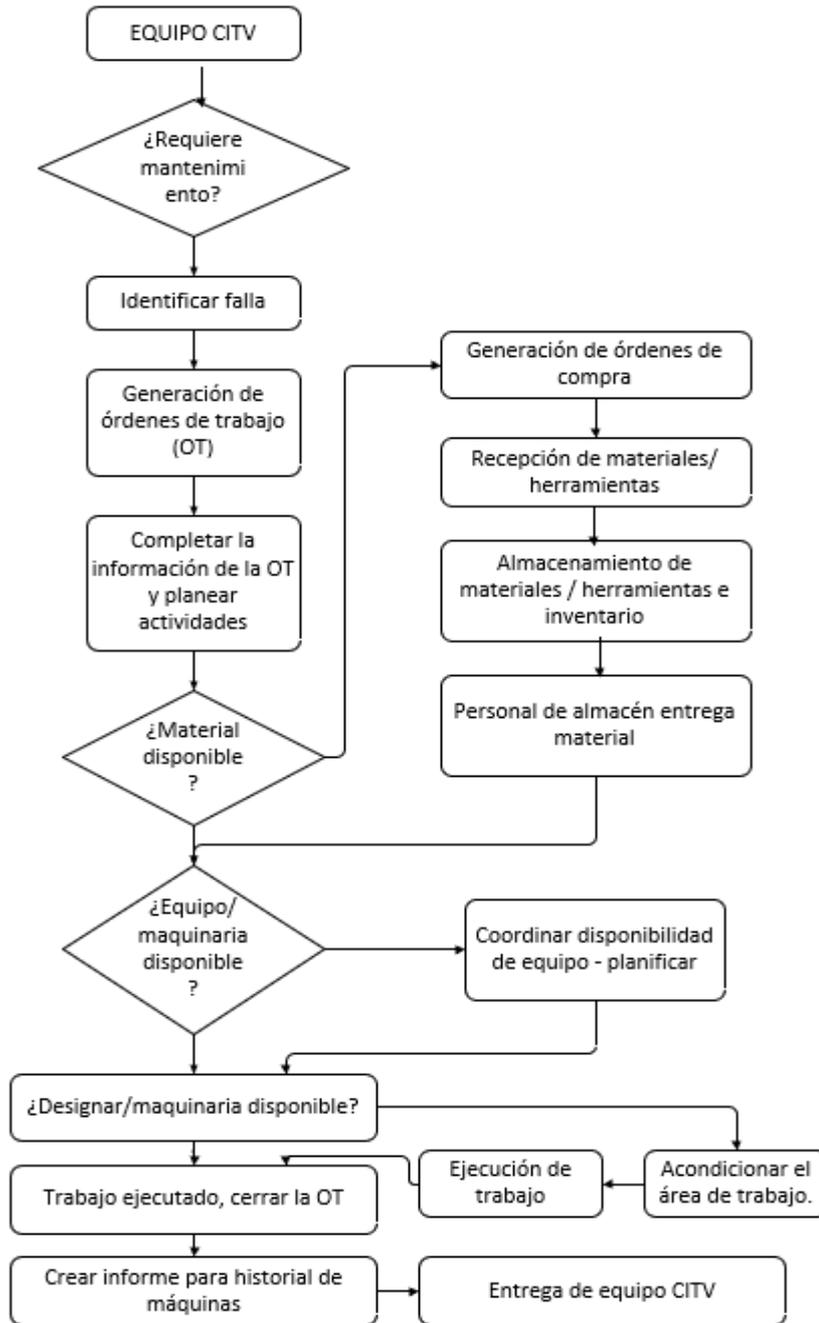
*Nota:* Se establece la frecuencia de mantenimiento de 1 = diario, 2 = semanal, 3 = quincenal, 4 = mensual, 5 = trimestral y semestral.

En la tabla anterior se evidencia el mantenimiento preventivo para el opacómetro considerando las fallas identificadas en el análisis AMEF, esto debido a que el equipo no contaba con una cartilla de mantenimiento y se requerían acciones a fin de garantizar su disponibilidad en el transcurso del tiempo.

- Trazabilidad del mantenimiento basado en RCM

Figura 7

Flujograma de mantenimiento



Nota: La gráfica la secuencia de actividades para que se realice el mantenimiento.

Mediante el mantenimiento basado en RCM lo que se busca es mejorar las acciones de mantenimiento en la empresa de estudio, por lo que se expuso el flujograma de acciones de la figura 7 a fin de que se lleve a cabo el mantenimiento. Asimismo, se debe establecer el cuidado de los criterios establecidos en los protocolos que gobiernan el mantenimiento de los equipos. Específicamente, las labores se ejecutan en el taller de la empresa; sin embargo, diversas eventualidades, tales como la complejidad de las reparaciones, la inadecuación de los equipos y herramientas, y la falta de pericia por parte del personal de mantenimiento, imponen la necesidad de derivar dichos vehículos a talleres alternativos. En virtud de lo anterior, se detalla a continuación el procedimiento que guía la ejecución de esta acción:

- **Elaboración de fichas técnicas de equipo**

Se realizó el proceso de recopilación de datos sobre los equipos del CITV, en donde la información obtenida de catálogos, reportes de calibración e información básica permitieron establecer las especificaciones técnicas de los vehículos mediante un formato de ficha técnica, así también con el fin de organizar de manera eficiente la información recabada, se diseñó una estructura destinada a albergar los informes de daños y los documentos de vida útil de cada vehículo. Este enfoque asegura que cualquier operación de mantenimiento o reparación realizada en un vehículo esté respaldada por su documentación correspondiente. Además, se implementaron secciones de precauciones de seguridad al final de cada documento de datos.

A continuación, se muestra la ficha técnica para el frenómetro:

**Figura 8**

*Ficha técnica de frenómetro*

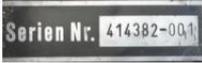
<b>FICHA TÉCNICA EQUIPO FRENÓMETRO</b>					
Equipo	Frenómetro				
Localización	Planta de CITV				
<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA</b>					
<p>Su finalidad es realizar una eficaz verificación del estado de frenado de los vehículos, para lo cual es importante medir la precisión del frenado máximo en los ejes traseros y delanteros, así como la ovalidad existente en los tambores y discos del sistema de frenado.</p>			 		
<b>DATOS DE FABRICACIÓN</b>					
N° Serie	414382-001	Marca	MAHA		
Año de fabricación	2020	Modelo	I W 7		
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>					
<b>Potencia</b>	0.55 KW S1	<b>Tensión</b>	220-242 V	<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Velocidad</b>	1360 RPM	<b>Corriente</b>	2.80/1.62 A	<b>Cos</b>	0.72
<b>Lubricante</b>	TOTAL SOURCE	<b>Peso</b>	25 TN	<b>F.S.</b>	
Dimensiones Alto x Ancho x Largo (m)					
<b>SISTEMAS</b>					
Sistema hidráulico		Sistema mecánico	X	Sistema térmico	
Sistema neumático		Sistema eléctrico	X	Otro	
<b>PRINCIPALES PARTES</b>					
Piezas estructurales Rodillos de frenado Software Chumaceras Cadena de transmisión Fuente de alimentación		Motor eléctrico Cadena de arrastre Chumaceras Sensor inductivo Sensor de presencia			
<b>OBSERVACIONES</b>					
<p>* Verificar que se encuentre conectado la fuente de energía                  * Verificar las señales entregadas por el frenómetro</p>					

*Nota:* Se muestra la ficha técnica del frenómetro.

A continuación, se muestra la ficha técnica para el banco de suspensión:

**Figura 9**

*Ficha técnica de banco de suspensión*

<b>FICHA TÉCNICA EQUIPO BANCO DE SUSPENSIÓN</b>					
Equipo	Banco de suspensión				
Localización	Planta de CITV				
<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA</b>					
<p>La función primordial del banco de suspensión consiste en llevar a cabo una evaluación eficiente del sistema de suspensión del vehículo. Dicha evaluación se ejecuta mediante la medición individual de las ruedas de cada eje, utilizando el método EUSAMA. Los resultados obtenidos se presentan de manera dual, tanto de forma gráfica como numérica. Esto incluye la diferencia porcentual entre las mediciones de las dos ruedas y la eficacia específica de la suspensión para cada rueda de manera individualizada.</p>			 		
<b>DATOS DE FABRICACIÓN</b>					
N° Serie	433123-001	Marca	MAHA		
Año de fabricación	2020	Modelo	SA2		
Características técnicas					
Potencia	1.1KW	Tensión	230 – 400	Frecuencia	60
Velocidad	1415 RPM	Corriente	4.4 – 2.55 A	Cos	0.81
Lubricante	TOTAL SOURCE	Peso	22 TN	F.S.	
Dimensiones Alto x Ancho x Largo (m)					
<b>SISTEMAS</b>					
Sistema hidráulico		Sistema mecánico	X	Sistema térmico	
Sistema neumático		Sistema eléctrico	X	Otro	
<b>PRINCIPALES PARTES</b>					
Software Resortes Fuente de alimentación Plataforma y teflones			Sensor de movimiento Eje excéntrico Motor eléctrico Caja de Suspensión		
<b>OBSERVACIONES</b>					
* Verificar que se encuentre conectado la fuente de energía					

*Nota:* Se muestra la ficha técnica del banco de suspensión.

A continuación, se muestra la ficha técnica para el analizador de gases

**Figura 10**

*Ficha técnica de analizador de gases*

<b>FICHA TÉCNICA EQUIPO ANALIZADOR DE GASES</b>					
Equipo	Analizador de gases				
Localización	Planta de CITV				
<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA</b>					
<p>Es un equipo con la capacidad de cuantificar compuestos químicos específicos presentes en la masa de los subproductos emitidos por la combustión interna de un motor, ya sean gaseosos o sólidos, siendo su expresión común en porcentajes. Ejemplos de estos compuestos incluyen el monóxido de carbono, el dióxido de carbono, los hidrocarburos, el oxígeno y los óxidos de nitrógeno.</p>					
<b>DATOS DE FABRICACIÓN</b>					
N° Serie	318	Marca	Pierburg Instruments		
Año de fabricación	2020	Modelo	HGA 400 4 GR		
Características técnicas					
Potencia	0.8 HP	Tensión	110 – 220 V	Frecuencia	Hz
Velocidad		Corriente	2 – 4 A	Cos	
		Peso		Servicio	Gases
Dimensiones Alto x Ancho x Largo (m)					
<b>SISTEMAS</b>					
Sistema hidráulico		Sistema mecánico	X	Sistema térmico	
Sistema neumático		Sistema eléctrico	X	Otro	
<b>PRINCIPALES PARTES</b>					
Unidad de Análisis Mangueras Fuente de alimentación Sonda Bomba de succión			Interfaz de Gases Externos Filtros Trampa de agua Cámara header		
<b>OBSERVACIONES</b>					
* Identificar el normal funcionamiento de bomba de succión * Visualizar que se encuentre energizado el equipo					

*Nota:* Se muestra la ficha técnica del analizador de gases.

A continuación, se muestra la ficha técnica para el regloscopio con luxómetro

**Figura 11**

*Ficha técnica de analizador del regloscopio con luxómetro*

<b>FICHA TÉCNICA EQUIPO REGLOSCOPIO CON LUXÓMETRO</b>					
Equipo	Regloscopio con luxómetro				
Localización	Planta de CITV				
<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA</b>					
<p>Es un equipo empleado para la medición de manera práctica la iluminación real generada por las farolas de los vehículos en referente a un punto establecido.</p>					
<b>DATOS DE FABRICACIÓN</b>					
N° Serie	0221	Marca	Tecnolux SRL		
Año de fabricación	2020	Modelo	2505/L1		
<b>Características técnicas</b>					
Potencia	0.004	Tensión	12 VDC	Frecuencia	
Velocidad		Corriente		Cos	
Lubricante		Peso	38 Kg	Servicio	Luces
Dimensiones Alto x Ancho x Largo (m)					
<b>SISTEMAS</b>					
Sistema hidráulico		Sistema mecánico	X	Sistema térmico	
Sistema neumático		Sistema eléctrico	X	Otro	
<b>PRINCIPALES PARTES</b>					
Láser de paralelismo Estructura metálica Sistema electrónico			Fuente de alimentación Software Pantalla reflectora		
<b>OBSERVACIONES</b>					
* Visualizar que se encuentre energizado el equipo					

*Nota:* Se muestra la ficha técnica del regloscopio con luxómetro.

A continuación, se muestra la ficha técnica para el opacímetro

**Figura 12**

*Ficha técnica de analizador del opacómetro*

<b>FICHA TÉCNICA EQUIPO OPACÍMETRO</b>					
Equipo	Opacómetro				
Localización	Planta de CITY				
<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA</b>					
<p>Es una máquina que permite la medición del nivel de opacidad presente en las emisiones del humo, por lo que garantiza la identificación de hidrocarburos sin quemar.</p>					
<b>DATOS DE FABRICACIÓN</b>					
N° Serie	10903000037	Marca	BRAIN BEE		
Año de fabricación	2020	Modelo	OPA-100		
Características técnicas					
Potencia	90 W	Tensión	12 VDC	Frecuencia	60
Velocidad		Corriente	1 – 5 A DC	Cos	0.78
Lubricante		Peso	5 Kg	F.S.	
Dimensiones Alto x Ancho x Largo (m)					
<b>SISTEMAS</b>					
Sistema hidráulico		Sistema mecánico		Sistema térmico	
Sistema neumático		Sistema eléctrico	X	Otro	
<b>PRINCIPALES PARTES</b>					
<p>Tarjeta electrónica Cámara de muestreo Fuente de alimentación</p>			<p>Sonda de muestreo Ventiladores Lentes</p>		
<b>OBSERVACIONES</b>					
<p>* Visualizar que se encuentre energizado el equipo * Garantizar que la sonda de muestreo se encuentre conectada * Realizar una prueba inicial de linealidad utilizando lentes</p>					

*Nota:* Se muestra la ficha técnica del opacómetro.

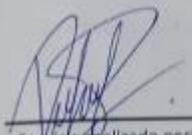
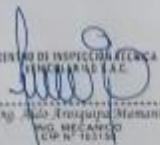
- **Elaboración de fichas técnicas de equipo**

Por otro lado, se realizó la inclusión de fichas adicionales en las actividades de mantenimiento con el fin de que se establezca el RCM y se logre generar información sobre el mantenimiento correctivo que se realiza. Por consiguiente, se

adiciono a los formatos existentes una constancia de mantenimiento correctivo, como se muestra a continuación:

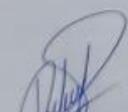
**Figura 13**

*Ficha de mantenimiento correctivo de rodillo en prueba de frenos*

	<b>CONSTANCIA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>		Documentación	CITV
			Revisión	0
			Fecha	19 / 12 / 2022
			Área	Mantenimiento
Cliente: CITV, ILO S.A.C.		Área: Rodillo en prueba de frenos		
Ejecutores del Trabajo Roberto Daniel Mucoca	Marca: MAHA	Modelo: WZF EURO SYSTEM	Serie: 414382-001	Capacidad: 11KW/20TN
Tipo:		Fases: 3		
<b>¿QUÉ FUE LO QUE SUCEDIÓ?</b>				
- Las cadenas de ambos rodillos estaban templadas.				
<b>¿QUÉ PUDO OCASIONAR LA FALLA?</b>				
- El tornillo de ajuste que va en la chumacera se saltó por la fuerza de freno de los vehículos.				
<b>¿CÓMO LO SOLUCIONÓ?</b>				
- Se ajustó con el torquímetro al perno de ajuste que va a la chumacera, y ajustó las 4 cadenas.				
<b>¿QUÉ PARTE LO REEMPLAZÓ?</b>				
- No se reemplazó nada.				
<b>RECOMENDACIONES</b>				
- Revisar periódicamente al estado de la cadena de los rodillos. - Revisar un promedio de 3 meses el estado de las cadenas, que se encuentre en su posición adecuada.				
 Servicio realizado por: Roberto Daniel Mucoca Jimani		 Recibido, conforme:		

**Figura 14**

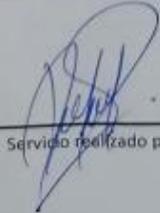
*Ficha de mantenimiento correctivo de prueba de suspensión*

	<b>CONSTANCIA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>	Documentación	CITV
		Revisión	0
		Fecha	19/12/2023
		Área	Mantenimiento
Cliente: C.I.T.V. ILO S.A.C.	Área: Prueba de Suspensión		
Ejecutores del Trabajo	Marca: MAHA	Modelo: VDE 0530	Serie: 342281-002
Rolando Daniel Huacca M.	Tipo: 6200F/406132M01	Capacidad: 11 KW	Fases: 3φ
<b>¿QUÉ FUE LO QUE SUCEDIÓ?</b>			
- Se detectó zumbido de la llave térmica que se dirige al motor de suspensión.			
<b>¿QUÉ PUDO OCASIONAR LA FALLA?</b>			
- Caída de tensión de la red que vive de la calle.			
<b>¿CÓMO LO SOLUCIONÓ?</b>			
- Se hizo un diagnóstico con un técnico electricista identificando la caída de tensión en el tablero.			
<b>¿QUÉ PARTE LO REEMPLAZÓ?</b>			
- Se reemplazó por una llave térmica trifásica de 63A.			
<b>RECOMENDACIONES</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se recomienda reforzar o aumentar un cable más de 16mm<sup>2</sup>.</li> <li>- Se recomienda hacer un mantenimiento cada mes.</li> </ul>			
 Servicio realizado por: Rolando Daniel Huacca Mamani		 Recibido, conforme:	

Por otro lado, es importante que los mantenimientos que se realicen a los equipos se documenten a fin de que se pueda tener información sobre las intervenciones realizadas, como se muestra a continuación:

**Figura 15**

*Ficha de constancia de servicio de mantenimiento*

	<b>CONSTANCIA DE SERVICIO TECNICO</b>	Documentación	C-ITV
		Revisión	0
		Fecha	19/12/2023
		Área	Mantenimiento.
Cliente: CITV ILO S.A.C. Dirección: Parque Industrial M2K 2710-19 Equipo: Monto Modelo: IW7EUROSYSTEM		Fecha: 19/12/2023 Teléfono: Marca: MAHA Serie: 414382-001	
<p>Se asistió al servicio de emergencia solicitado por el cliente.</p> <p>Motivo: Cadena de rodillos del frenómetro estaban muy templadas.</p> <p>* se procede a revisar el tornillo de ajuste que va en la chumacera y se encontró suelto.</p> <p>* se ajustó con torquímetro la misma cadena.</p> <p>* se regularon las cadenas y se hizo limpieza.</p>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			
<p>* Equipo no cuenta con PM.</p> <p>- Revisar periódicamente el estado de las cadenas (3 meses)</p> <p>- se recomienda incluir en el Plan de mantenimiento (PM)</p>			
 Servicio realizado por:		 Recibido, conforme:	

**Figura 16**

*Ficha de constancia de servicio de mantenimiento de prueba de suspensión*

	<b>CONSTANCIA DE SERVICIO TECNICO</b>	Documentación	C.I.T.V
		Revisión	0
		Fecha	19/12/2022
		Área	Mantenimiento
Cliente: C.I.T.V ILO SAC Dirección: Parque Industrial MZK 27-10-19 Equipo: Mantenimiento Modelo: VDE D530		Fecha: 19/12/2022 Teléfono: 927657250 Marca: MAHA Serie: 842281-002	
<p>• Se asistió al servicio de emergencia solicitado por el cliente.</p> <p>Motivo: Zumbido de llave térmica dirigida al motor de suspensión.</p> <p>* Se procede a revisar el Tablero de distribución general de C.I.T.V ILO SAC, donde el interruptor presenta fallas por caída de tensión.</p> <p>* Se realizó cambio de interruptor de 63-A.</p> <p>* Se verificó conexiones dejando operativo.</p>			
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>* Equipo no cuenta con plan de mantenimiento.</p> <p>- Se recomienda incluir plan de mantenimiento.</p>			
 Servicio realizado por:		 Recibido, conforme:	

Los formatos expuestos fueron de gran ayuda para permitir la generación de información y realizar un seguimiento a los equipos en estudio.

## CONCLUSIONES

**Primera.** Se llevó a cabo la presentación detallada de la actividad comercial de la empresa Centro de Inspección Técnica Vehicular Ilo SAC. Esta exposición abarcó las diversas actividades realizadas por la empresa, así como la descripción de su equipamiento. Además, se presentan los roles asignados, como el inspector vehicular y el asistente de mantenimiento.

**Segunda.** Se procedió a la implementación de la metodología Customer Relationship Management (RCM), en la cual se demostró la aplicación del método AMEF, el establecimiento de la frecuencia de mantenimiento de los equipos y la creación de formatos para el seguimiento del mantenimiento. Estas acciones fueron concebidas con el propósito de fortalecer el actual proceso de mantenimiento que lleva a cabo la empresa.

**Tercera.** La implementación de la metodología RCM tiene como objetivo principal asegurar que la disponibilidad de los equipos se mantenga por encima del 99%. Aunque los indicadores actuales se encuentran en valores aceptables, se reconoce que el uso continuado de los equipos y la posibilidad de interrupciones no programadas podrían aumentar. En consecuencia, se tomarán acciones correctivas para preservar la confiabilidad del sistema.

**Cuarta.** En conclusión, la combinación de la presentación integral de la actividad comercial y la implementación de la metodología RCM con sus correspondientes medidas correctivas refleja un enfoque proactivo y

orientado a fortalecer la eficacia y la confiabilidad de los procesos de inspección técnica vehicular en la empresa Centro de Inspección Técnica Vehicular Ilo SAC.

## RECOMENDACIONES

- Primera.** Se sugiere a la empresa que mantenga su inversión en acciones preventivas. Estas son cruciales para preservar la disponibilidad de los equipos, debido a que las acciones preventivas son elementos fundamentales en la garantía de la confiabilidad y la disponibilidad de los mismos.
- Segunda.** Es imperativo incentivar al personal a adquirir conocimientos sobre nuevas prácticas y tecnologías. Se propone la implementación de cursos o talleres actualizados, respaldados por convenios y asociaciones estratégicas. Esta iniciativa no solo enriquecerá el conocimiento del personal, sino que también generará beneficios mutuos para la empresa y las entidades colaboradoras.
- Tercera.** Se destaca la importancia de ejercer precaución al desempeñar funciones como asistente de mantenimiento. La falta de cuidado en el cambio de piezas clave, como resortes y desmontaje de estructuras, puede conllevar a posibles accidentes. En este contexto, se resalta la necesidad de coordinación y comunicación efectiva durante la ejecución de las actividades, subrayando la importancia de la seguridad en el entorno laboral.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Basheer, W. (2022). Integration of Maintenance Management System Functions with Industry 4.0 Technologies and Features—A Review. *Processes*, 10(11). doi:<https://doi.org/10.3390/pr10112173>
- Benites, L. A., & Minaya, V. M. (2021). *Sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad para aumentar la capacidad de producción en la red de oxígeno de una empresa industrial*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
- Duffuaa, S., & Raouf, A. (2015). *Planning and Control of Maintenance Systems* (Vol. 2). Springer Cham. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-319-19803-3>
- Galazar, S., & López, G. (19 de abril de 2016). *Movilidad Eléctrica: Oportunidad para Latinoamérica*. <https://www.euroclima.org/idiomas/movilidad-electrica-oportunidades-para-latinoamerica>
- Meléndez, A. M., & Días, W. B. (2020). *Mejora en la eficacia de las inspecciones técnicas vehiculares para reducir la inseguridad vial y contaminación en Lima Metropolitana*. [Tesis de Posgrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/17620/DIAZBELLIDO\\_MELENDEZHUAMAN\\_MEJORA\\_EN\\_LA\\_EFICACIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/17620/DIAZBELLIDO_MELENDEZHUAMAN_MEJORA_EN_LA_EFICACIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Morales, R. (2022). *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en el sistema HVAC del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez utilizando la metodología RMC*. Lima: [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/664273>Accepted:  
2022-11-15T19:17:18Z

Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2015). Lean Maintenance Roadmap. *Procedia Manuf.*, 2(1), 434 - 444.

Moubray, J. (1991). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)*. Aladon Network Founder.  
doi:<https://es.slideshare.net/engineer24/rcmijohnmoubraypdf>

Ojo, K. (2021). Requerimientos no funcionales para sistemas basados en el Internet de las cosas (IoT): Una revisión. *I+D Tecnológico*, 30-40.

Organización Mundial de la Salud. (3 de marzo de 2023). *17 Objetivos para transformar nuestro mundo*. [https://www.undp.org/es/rumbo-al-2030-acelerar-el-progreso-de-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible?gclid=CjwKCAjw\\_uGmBhBREiwAeOfsd4LquaBIgudpL6wuTcKW1IoSfMHZ3LuzrCDHuVYgk75XL0xg35b9HhoCCwYQAvD\\_BwE](https://www.undp.org/es/rumbo-al-2030-acelerar-el-progreso-de-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible?gclid=CjwKCAjw_uGmBhBREiwAeOfsd4LquaBIgudpL6wuTcKW1IoSfMHZ3LuzrCDHuVYgk75XL0xg35b9HhoCCwYQAvD_BwE)

Orosco, A., Friedler, F., Varbanov, P., & Klemeš, J. (2018). Systems reliability, footprints Sustainability. *Chem. Eng. Trans.*, 63(1), 121 - 126.  
doi:10.3303/CET1863021

- Parra, C. (4 de octubre 2020). *Artículo técnico (inglés): The maintenance management framework. A practical view to maintenance management.*  
[https://www.linkedin.com/pulse/art%C3%ADculo-t%C3%A9cnico-ingl%C3%A9s-maintenance-management-framework-carlos-parra/?trk=read\\_related\\_article-card\\_title](https://www.linkedin.com/pulse/art%C3%ADculo-t%C3%A9cnico-ingl%C3%A9s-maintenance-management-framework-carlos-parra/?trk=read_related_article-card_title)
- Peñafiel, J., Arteaga, A., & Daquinta, G. (2021). Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) caso de aplicación máquina empacadora de atún en latas. *Revista Científica INGENIAR*, 4(8), 2737 - 6249.  
doi:<https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespdic.0050>
- Progressa Lean. (25 de enero de 2016). *Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE).* *Progressa Lean.* <https://www.progressalean.com/analisis-de-modos-de-fallo-y-efectos-amfe/>
- Rodríguez, F. A. (2018). *Propuesta para la implementación de un Modelo de Gestión de Mantenimiento en Tropical Paradise Fruits Company.* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Costa Rica].  
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10459>
- Tarlengco, J. (5 de noviembre 2023). *Mantenimiento: definiciones, beneficios y aplicación.* <https://safetyculture.com/topics/maintenance/>
- Zulaikha, L., & Sukaria, S. (2019). The Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) Methods to Design Maintenance System in Manufacturing (Journal Review). *1st International Conference on Industrial*

*and Manufacturing Engineering, 505(1).*

doi:<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/505/1/012058/pdf>