

Tecnológico de Costa Rica

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Ingeniería en Mantenimiento Industrial



Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER)

*“Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para el Taller
Electromecánico del Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER) División
Pacífico”.*

Informe de Práctica de Especialidad para optar por el Título Ingeniero en
Mantenimiento Industrial, Grado Licenciatura.

Estudiante: Kendall López Abarca.

Carné: 2009 28845

Cartago, octubre 2017



engineerscanada

Escuela Acreditada por el
Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

Coordinador de práctica: Ing. Greivin Barahona Guzmán.

Profesor guía: Ing. Carlos Piedra Santamaría

Asesor industrial: Ing. Mauricio Vargas Montero

Tribunal Examinador:

Ing. Juan Pablo Arias Cartín

Ing. Manuel Badilla

Información del estudiante

Nombre: Kendall López Abarca.

Cédula de identidad: 4 0205 0010.

Carné ITCR: 2009 28845.

Dirección durante el desarrollo del proyecto y en época no lectiva: San José, Desamparados, San Miguel, Higuito, Urbanización Santa Bárbara, casa L1, costado sur del templo católico.

Teléfono: 8646-6526 / 2270-0136.

Email: kila32meca@gmail.com

Información del proyecto

Nombre del proyecto: Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para el Taller Electromecánico del Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER) División Pacífico.

Profesor asesor: Ing. Carlos Piedra Santamaría.

Horario de trabajo del estudiante: Libre.

Información de la empresa

Nombre: Instituto Costarricense de Ferrocarriles

Dirección: Calle Central, av. 20-22, Central, San José, Costa Rica.

Teléfono: 2542-5887.

Actividad principal: Transporte de ferrocarrilero de carga y pasajeros.

Dedicatoria

A mi madre y a mi hermano, que a pesar de la adversidad, siempre han estado allí para apoyarme.

Agradecimiento

Agradezco al personal de INCOFER por abrirme las puertas y permitirme participar activamente del proceso de rescate del transporte público.

Tabla de contenido

Capítulo 1. Generalidades.	1
1.1. Problema y situación actual.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.	5
1.4. Descripción de la empresa.	6
1.4.1. Misión.	7
1.4.2. Visión.....	7
1.4.3. Organización administrativa.....	7
1.4.4. Taller Electromecánico.	9
Capítulo 2. Modelo de gestión de mantenimiento.	11
2.1. ¿Qué es un modelo de gestión?	11
2.2. Etapas para el desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento.	12
2.3. Modelo de gestión de mantenimiento propuesto.	13
Capítulo 3. Evaluación del Taller Electromecánico.	15
3.1. Mantenimiento de clase mundial.	15
3.2. Norma COVENIN 2500-93.	16

3.2.1. Procedimiento de evaluación.....	16
3.3. Metodología.....	18
3.4. Situación del Taller Electromecánico.....	19
3.5. Resultados y análisis de la evaluación.....	21
3.5.1. Escala de evaluación.....	21
3.5.2. Resultados y análisis de la evaluación.....	22
3.5.3. Identificación de oportunidades de mejora.....	34
Capítulo 4. Gestión y estandarización de procesos.....	35
4.1. Procesos a estandarizar en el Taller Electromecánico.....	38
Capítulo 5. Cuadro de mando integral.....	39
5.1. Definición.....	39
5.2. Perspectivas del Cuadro de Mando Integral.....	39
5.2.1. Perspectiva financiera.....	40
5.2.2. Perspectiva del cliente.....	41
5.2.3. Perspectiva interna o de procesos de negocio.....	42
5.2.4. Perspectiva de aprendizaje y crecimiento.....	42
5.3. Fases para la elaboración de un CMI.....	43
5.3.1. Análisis estratégicos.....	43
5.3.2. Formulación de estrategias.....	44
5.3.3. Implantación estratégica.....	44

5.4. Cuadro de Mando Integral para el Taller Electromecánico de INCOFER, Sector Pacífico.	47
5.4.1. Metodología.	47
5.4.2. Análisis FODA.	48
5.4.3. Definición de objetivos estratégicos.	49
5.4.4. Mapa estratégico.	51
5.4.5. Indicadores de desempeño.	52
5.4.6. Codificación de los indicadores de desempeño.	59
5.4.7. Grado de cumplimiento de las metas.	59
5.4.8. Cuadro de Mando Integral.	60
Capítulo 6. Estrategia de mantenimiento.	61
6.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.	61
6.2. Optimización del mantenimiento planeado.	63
6.3. Análisis de criticidad como método de jerarquización.	66
6.3.1. Análisis de criticidad de los equipos atendidos por el Taller Electromecánico, división Pacífico.	67
6.4. Estrategia de mantenimiento propuesta para el Taller Electromecánico de INCOFER, División Pacífico.	73
6.5. Evaluación PMO para el equipo tractivo (coches autopropulsados).	75
6.5.1. Paso 1, recopilación de tareas.	76
6.5.2. Paso 2, análisis de modos de falla.	77

6.5.3. Paso 3, revisión y racionalización del FMA.	78
6.5.4. Paso 4, análisis funcional.	80
6.5.5. Paso 5, evaluación de consecuencias.	80
6.5.6. Definición de la política de mantenimiento.	81
6.6. Manual de mantenimiento.	82
6.7. Costos de mantenimiento.	83
6.7.1. Línea base de inversión anual	86
6.7.2. Evaluación económica de la rutina de mantenimiento preventivo de los coches autopropulsados FEVE S2400.	89
Conclusiones.	91
Recomendaciones.	92
Referencias bibliográficas.	93
Glosario.	96
Anexos.	97
Anexo 1. Vehículos asignados a la Unidad de Mantenimiento de Vías. .	97
Anexo 2. Vehículos asignados a la Unidad de Servicios Generales.	99
Anexo 3. Vehículos asignados a la Unidad de Transporte.	100
Anexo 4. Diagrama de Pareto, averías reportadas de los coches autopropulsados FEVE S2400, período 2013-2015.	103
Apéndice.	104

Apéndice 1. Guía de evaluación basada en la Norma COVENIN 2500-93.	104
Apéndice 2. Ficha de evaluación COVENIN 2500-93.....	132
Apéndice 4. Procedimiento para solicitud de materiales o refacciones.	133
Apéndice 5. Procedimiento para atención de averías en taller.	134
Apéndice 6. Procedimiento para atención de averías en sitio.	135
Apéndice 7. Procedimiento para gestión de mantenimiento programado.	136
Apéndice 8. Procedimiento para gestión de mantenimiento preventivo.	137
Apéndice 9. Documento para requisición de materiales o refacciones.	138
Apéndice 10. Documento para reporte de averías.	139
Apéndice 3. Mapa estratégico del Taller Electromecánico de INCOFER, división Pacífico.....	140
Apéndice 11. Cuadro de Mando Integral Taller Electromecánico de INCOFER, división Pacífico.....	141
Apéndice 12. Tabla de criticidad de los equipos de la Unidad de Mantenimiento de Vías.....	142
Apéndice 13. Tabla de criticidad de los equipos de la Unidad de Servicios Generales.....	144
Apéndice 14. Tabla de criticidad de los equipos de la Unidad de Transporte.	145
Apéndice 15. Actividades de mantenimiento preventivo, sistema diésel.	147

Apéndice 16. Actividades de mantenimiento preventivo, sistema eléctrico de control.....	149
Apéndice 17. Actividades de mantenimiento preventivo, sistema eléctrico de potencia.....	151
Apéndice 18. Actividades de mantenimiento preventivo, sistema neumático.....	153
Apéndice 19. Actividades de mantenimiento preventivo, superestructura.....	156
Apéndice 20. Distribución de la inversión anual promedio en mantenimiento para equipo de arrastre y equipo tractivo a nivel nacional (2014-2016).	158
Apéndice 21. Lista de materiales para rutina de preventivo del sistema diésel.....	159
Apéndice 22. Lista de materiales para rutina de preventivo del sistema eléctrico de control.	160
Apéndice 23. Lista de materiales para rutina de preventivo del sistema eléctrico de potencia.....	161
Apéndice 24. Lista de materiales para rutina de preventivo del sistema neumático.....	161
Apéndice 25. Lista de materiales para rutina de preventivo de superestructura.	162

Índice de figuras

Figura 1.1. Estructura organizacional de INCOFER.....	8
---	---

Figura 1.2. Estructura organizacional del Taller Electromecánico.....	10
Figura 2.1. Modelo de gestión de mantenimiento propuesto.....	14
Figura 4.1. Ficha de proceso genérica.....	37
Figura 5.1. Perspectivas del Cuadro de Mando Integral.	40
Figura 5.2. Proceso de elaboración de un CMI.	44
Figura 5.3. Mapa estratégico genérico.....	46
Figura 5.4. Codificación de los indicadores de desempeño.	59
Figura 5.5. Código de colores para identificar el grado de cumplimiento de metas.....	60
Figura 6.1. Creación de un plan de mantenimiento desde la perspectiva del RCM y del PMO.	74

Índice de tablas

Tabla 1.1. Disponibilidad de material rodante destacado en la GAM durante el I trimestre del 2017.....	1
Tabla 1.2. Rutas en servicio	6
Tabla 3.1. Principios básicos por áreas de evaluación de acuerdo a la Norma COVENIN 2500-93.....	17
Tabla 3.2. Escala de evaluación para la gestión de mantenimiento de acuerdo a la Norma COVENIN 1980-89	21
Tabla 3.3. Resultado de la evaluación por área.	22
Tabla 3.4. Principios básicos por áreas de evaluación de acuerdo a la Norma COVENIN 2500-93.....	34
Tabla 4.1. Símbolos de diagrama de flujo.....	36
Tabla 5.1. Análisis FODA del Taller Electromecánico.	48
Tabla 5.2. Indicadores de la perspectiva financiera	52
Tabla 5.3. Indicadores de la perspectiva del cliente.....	54
Tabla 5.4. Indicadores de la perspectiva de procesos internos	55
Tabla 5.5. Indicadores de la perspectiva del aprendizaje y crecimiento	57
Tabla 6.1. Criterios de evaluación.....	69
Tabla 6.2. Impacto en la seguridad y el medio ambiente	70
Tabla 6.3. Impacto en la totalidad del servicio, impacto en el servicio por ruta e impacto en la calidad del servicio	71

Tabla 6.4. Dificultad de adquisición de repuestos, valor económico e impacto en la integridad de otros equipos	71
Tabla 6.5. Tabla de criticidad (fragmento) del equipo asignado a la Unidad de Transporte	72
Tabla 6.6. Codificación de especialidades técnicas	77
Tabla 6.7. Análisis de modos de falla (fragmento).	78
Tabla 6.8. Revisión y racionalización del FMA (fragmento).....	79
Tabla 6.9. Análisis funcional (fragmento).....	80
Tabla 6.10. Tipos de consecuencias.....	81
Tabla 6.11. Codificación de la periodicidad de las actividades de mantenimiento.	82
Tabla 6.12. Inversión promedio en mantenimiento para equipo de arrastre y equipo tractivo a nivel nacional (2014-2016).	87
Tabla 6.13. Línea base de inversión para equipo de arrastre y equipo tractivo.	88
Tabla 6.14. Costo de mano de obra sub-contratada (SAL), período 2014-2016.....	89

Resumen

El transporte público es una pieza fundamental en el ajedrez de la movilidad urbana, en Costa Rica el ferrocarril ha recobrado la atención de la ciudadanía como una alternativa viable para desplazarse entre las congestionadas ciudades que conforman el Gran Área Metropolitana (GAM).

Sin embargo, desde la reactivación del servicio de pasajeros en el año 2005, la institución afronta quizás su desafío más importante, que es ofrecer un servicio de calidad (continuo, eficaz, puntual y seguro) a pesar de la creciente demanda y la escasez de recursos.

El Taller Electromecánico juega un papel fundamental, ya que la calidad de los servicios se ve influenciada directamente por el mantenimiento que reciben los equipos. De ahí la importancia de administrar de la mejor manera posible los recursos humanos y económicos de la organización, para tal efecto es necesario que la entidad tenga una hoja de ruta, un plan.

Este proyecto tiene como fin, poner la primera piedra en la construcción del camino de la mejora continua; mediante el planteamiento de un modelo de gestión de mantenimiento que integra la misión y visión de la institución, junto con mecanismos de fiscalización (COVENIN 2500-93 e indicadores), gestión de procesos y de costos, y la optimización del mantenimiento existente (PMO).

Todo de la mano con estudios realizados previamente, para crear un panorama integral de la organización de mantenimiento.

Palabras clave: INCOFER, línea base de inversión, material rodante, modelo de gestión, PMO.

Abstract

Public transport is a fundamental piece in the field of urban mobility, in Costa Rica, the railroad has regained the attention of citizens as a viable alternative to move between the congested cities that make up the Great Metropolitan Area (GAM).

However, since the reactivation of passenger service in 2005, the institution faces perhaps its most important challenge, which is to offer a quality service (continuous, efficient, timely and safe) despite the growing demand and shortage of services means.

The Electromechanical Workshop plays a fundamental role, since the quality of services is directly influenced by the maintenance received by the equipment. Hence the importance of managing the human and economic resources of the organization in the best way possible, for this purpose it is necessary for the entity to have a road map, a plan.

The purpose of this project is to lay the first stone in the construction of the path of continuous improvement; by proposing a maintenance management model that integrates the mission and vision of the institution, along with control mechanisms (COVENIN 2500-93 and indicators), process and cost management, and optimization of existing maintenance (PMO).

All hand in hand with previous studies, to create a comprehensive overview of the maintenance organization.

Keywords: INCOFER, baseline investment, rolling stock, management model, PMO.

Capítulo 1. Generalidades.

1.1. Problema y situación actual.

El servicio de transporte público de pasajeros atraviesa una expansión sin precedentes desde su reactivación. La incorporación de nuevas rutas y el incremento de la frecuencia de los viajes, han pasado factura al material rodante y obligan a la entidad a replantear el esquema de mantenimiento que se ha venido manejando.

En el corredor ferroviario San José-Alajuela, operan 2 rutas, San José-Heredia-San José y San José-Alajuela-San José (inaugurada en enero de 2017). Debido a que no se cuenta con material rodante extra, se tomó la decisión que el equipo que cubría la ruta de Heredia también realice el nuevo recorrido hacia Alajuela.

La disposición añadió 11 km de recorrido por carrera. De acuerdo al *“Informe de rendición de cuentas del Ing. Christian Vargas Calvo (agosto 2016-abril 2017)”*, en el corredor San José-Alajuela durante el mes de enero de 2016 se transportaron 118 623 pasajeros, durante el mismo período del año 2017 se movieron 220 553 pasajeros.

Tabla 1.1. Disponibilidad de material rodante destacado en la GAM durante el I trimestre del 2017.

Equipo	Disponibilidad		
	Enero	Febrero	Marzo
FEVE S2400	82,9%	85,0%	75,4%
Convencional	95,0%	96,0%	98,5%

Fuente: Instituto Costarricense de Ferrocarriles. Informe I trimestre estadísticas 2017. Recuperado el 9 de abril de 2017 de: <http://www.incofer.go.cr/estadisticas/#>

Durante el I semestre del 2016 el horario de prestación del servicio en el corredor Alajuela-San José comprendía las franjas horarias entre las 5:30-9:00 y las 16:00-20:00 con viajes cada 30 minutos. A partir del II semestre del mismo año, el servicio comenzó a brindarse entre las 5:00-20:30 con carreras cada 30 minutos y los días sábado entre las 6:00-15:00 con carreras cada 30 minutos.

Debido a la escasez crónica de recursos que ha sufrido la institución, el mantenimiento que se le ha dado al material rodante ha sido de carácter meramente correctivo. La combinación de los factores descritos anteriormente, han provocado que para el mes de mayo del año en curso la disponibilidad de las unidades FEVE S2400 sea de 63,1%.

De modo que ha sido necesario tomar unidades de las rutas San José-Cartago-San José y San José-Belén-San José, para satisfacer la demanda en el corredor Alajuela-San José en detrimento del servicio de las anteriores.

En aras de garantizar un servicio ágil, oportuno y seguro, en el *“Plan Estratégico Institucional 2012-2017”*, se propone el diseño y la implementación de un modelo de mantenimiento, y en el Plan Operativo Institucional 2013 se definen las herramientas (índices) para cuantificar la efectividad de las medidas a tomar. Sin embargo, hasta la fecha no se ha desarrollado nada concreto.

1.2. Justificación.

Tras un letargo de 10 años debido al cese de operaciones de la institución, en 2005 se reactivó el servicio de transporte de pasajeros. Se inició con la ruta Curridabat-Pavas-Curridabat, se prestaba el servicio únicamente en horas pico. Desde entonces se ha venido incrementando el número de rutas y la frecuencia de los viajes, esto mediante la compra de material rodante.

Inicialmente, se contaba con unidades de respaldo, lo que permitía sacar equipos de operación para dar mantenimiento. Luego de una serie de accidentes, fue necesario utilizar los equipos de respaldo para el servicio corriente. Actualmente, el mantenimiento brindado es de carácter meramente correctivo exceptuando lo relacionado con el cambio periódico de lubricantes, zapatas de freno, filtros de aire y filtros de aceite.

El *“Informe del equipo rodante para transporte de pasajeros en la GAM (mayo 2017)”*, señala que 2 de los factores que han contribuido al deterioro de las unidades son carencia de mantenimiento y el incremento en la cantidad de carreras realizadas. Por ejemplo, en el corredor Alajuela-San José durante el I semestre del 2016 se realizaban 28 viajes diarios, a finales del mismo año esa cifra subió a 54.

En consecuencia, de las unidades FEVE S2400, el 60% requiere una reconstrucción del motor diésel, el 90% tiene la iluminación interior en mal estado y en ninguna de las unidades funciona el aire acondicionado. En el caso de las locomotoras el 70% requiere la reconstrucción del motor diésel, motores de tracción, excitatriz y carretillos. El 45% de los coches de pasajeros requieren reconstrucción.

Como se puede apreciar, un porcentaje importante del equipo tractivo y locomotoras presentan un deterioro importante en sus motores diésel, lo que se traduce en problemas de arrastre, y a su vez en atrasos e interrupciones del servicio.

La Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), establece mediante el *“Modelo de regulación económica del servicio público, modalidad ferrocarril”*, la metodología de cálculo a seguir para la estimación de las tarifas a cobrar por el servicio de transporte de pasajeros. En esta se establece un canon por costos fijos de operación llamado *“costo mensual por repuestos, reparación y mantenimiento”*.

La institución podría financiar el adecuado mantenimiento de los equipos mediante el cobro del canon correspondiente, sin embargo, los datos con los que cuenta ARESEP corresponden a un histórico de gastos. Los cuales no responden a una política de mantenimiento bien estructurada. En el apartado del modelo regulador llamado “*Gastos y provisión de materiales de taller y reparaciones*”, se establece el costo anual de mantenimiento por tipo de equipo, sin embargo, tal información no se actualiza desde el año 2008.

Es una necesidad estructurar el mantenimiento por las siguientes razones:

- Mejorar las condiciones de seguridad y confort del material rodante, debido a la antigüedad y el escaso mantenimiento, algunas unidades presentan un avanzado deterioro.
- Garantizar la continuidad del servicio, actualmente se cuenta con una cantidad limitada de equipo rodante para atender las carreras para transporte de pasajeros, de forma que cada unidad es imprescindible.
- Obtener financiamiento para el mantenimiento del material rodante, para tal efecto es necesario cuantificar los costos de la implementación de las acciones a seguir.
- Solucionar la problemática existente con el abastecimiento de repuestos, debido a la carencia de una adecuada planificación del mantenimiento, no se posee información clara de cuáles repuestos es necesario mantener en bodega.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general.

Diseñar un modelo de gestión de mantenimiento para el Taller Electromecánico del Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER) División Pacífico, basada en criterios de mantenimiento de clase mundial para la optimización de los recursos de la institución.

1.3.2. Objetivos específicos.

- 1) Definir la situación de la gestión de mantenimiento con respecto a los estándares de clase mundial, mediante el uso de una guía de diagnóstico para la identificación de oportunidades de mejora.
- 2) Desarrollar una estrategia de Cuadro de Mando Integral, elaborando objetivos, índices de evaluación, frecuencias de medición y responsables dentro del Taller Electromecánico.
- 3) Determinar mediante un análisis de criticidad, el tipo de mantenimiento que requiere cada equipo para la optimización de los recursos de la institución.
- 4) Diseñar una estrategia de mantenimiento para el equipo ferroviario destacado en la GAM, en función de su criticidad y del presupuesto disponible para tal fin.

1.4.Descripción de la empresa.

El Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER) es una empresa pública, que se encarga de brindar servicios de transporte público de pasajeros y transporte de carga (ver tabla 1.2). Se creó el 19 de setiembre de 1985 mediante la Ley Nº. 7001. Esta ley, une los ferrocarriles Atlántico y Pacífico y abarca todos los ramales que desde 1871 han formado parte del patrimonio ferroviario nacional.

La compañía posee 3 planteles para el mantenimiento de equipo rodante; uno ubicado en Barrio Roosevelt en la ciudad de Limón, otro en Siquirres y el último en la ciudad de San José, avenidas 20-21, Calle Central.

Tabla 1.2. Rutas en servicio

Región	Ruta	Actividad
Valle Central	San José-Alajuela -San José	Transporte público de pasajeros
Valle Central	San José-Cartago-San José	Transporte público de pasajeros
Valle Central	San José-Heredia-San José	Transporte público de pasajeros
Valle Central	Curridabat-Pavas-Curridabat	Transporte público de pasajeros
Valle Central	San José-San Antonio de Belén -San José	Transporte público de pasajeros
Caribe	Valle La Estrella, Bananito, Estrada y Matina	Transporte de carga
Caribe	Moín-Leesville	Transporte de carga
Caribe	Limón y Siquirres	Transporte turístico
Pacífico Central	Caldera-Orotina	Transporte turístico

Fuente: Instituto Costarricense de Ferrocarriles. Recuperado el 25 de abril de 2017 de:

<http://www.incofer.go.cr/historia/>

1.4.1. Misión.

Somos la institución del Estado Costarricense responsable de brindar servicios de transportes ferroviarios modernos, sostenibles y eficientes; integrados en un marco de gestión empresarial que permita la participación del sector privado y que facilite la generación de actividades productivas complementarias.

1.4.2. Visión.

Ser una institución ferroviaria comprometida con el mejoramiento de la calidad de vida de los costarricenses de forma sostenible, garantizando la prestación de los servicios articulados de transporte.

1.4.3. Organización administrativa.

Actualmente, la institución cuenta con 49 plazas fijas, los colaboradores de la institución son nombrados de acuerdo con las disposiciones del Servicio Civil, asimismo deben cumplir con los requisitos académicos que exija cada una de las plazas. Estos puestos se reparten de la siguiente forma entre los distintos departamentos:

Presidencia Ejecutiva	4
Gerencia Administrativa	15
Gerencia de Operaciones	23
Departamento Legal	4
Auditoría	3
Total de plazas	49

La estructura organizacional de la institución se explica mediante el organigrama de la figura 1.1.

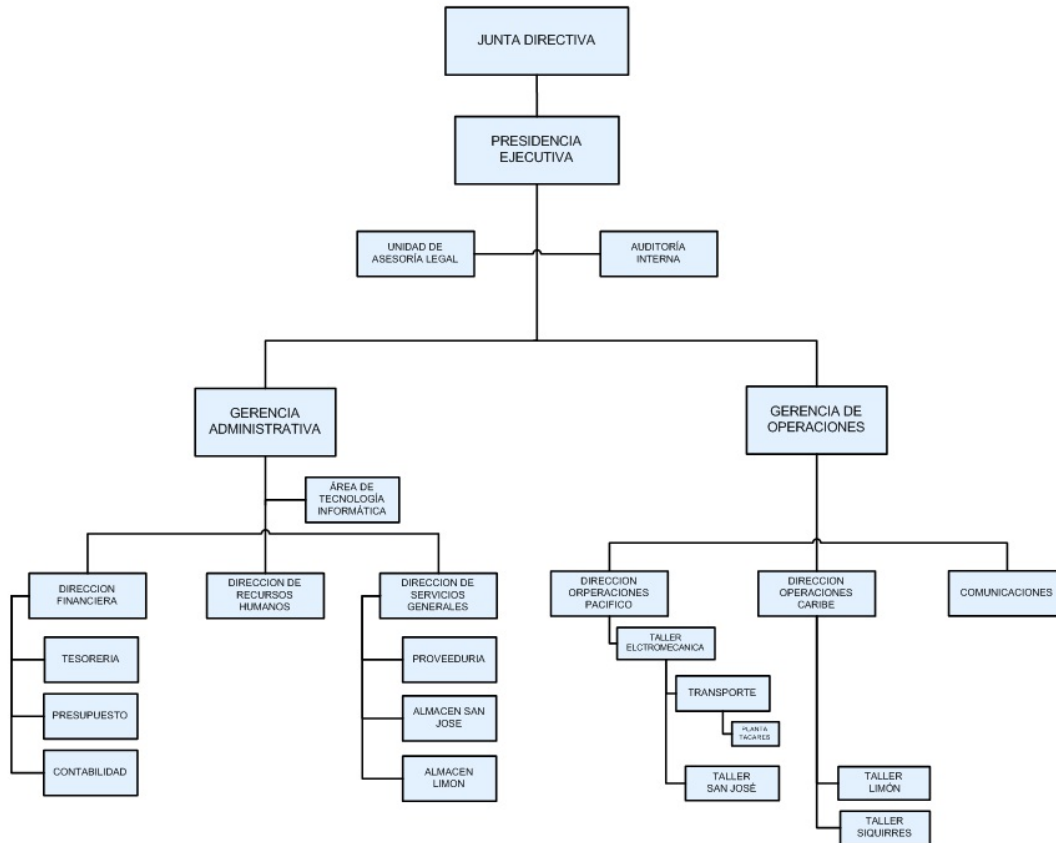


Figura 1.1. Estructura organizacional de INCOFER.

Fuente: Instituto Costarricense de Ferrocarriles. Recuperado el 25 de abril de 2017 de: <http://www.incofer.go.cr/organigrama/>

Por otro lado, existen contrataciones con cuatro Sociedades Anónimas Laborales (SAL), integradas por ex empleados de la institución, quienes se encargan de los trabajos de rehabilitación y mantenimiento de vía férrea, operación y mantenimiento del equipo rodante.

1.4.4. Taller Electromecánico.

La operación de INCOFER en la GAM está dirigida al transporte público de pasajeros, la institución debe garantizar a los usuarios un servicio continuo, eficaz, puntual y seguro. La calidad del servicio es función de múltiples factores, entre ellos el estado de la obra civil (puentes, túneles, vías férreas, entre otros) y el estado del material rodante (coches, locomotoras, vagones, entre otros).

El Taller Electromecánico es el encargado de asegurar el funcionamiento, dar mantenimiento y reconstruir el material rodante que lo amerite. El Taller ubicado en la ciudad de San José, es el encargado de atender al equipo destacado en la GAM y en el Sector Pacífico.

El Taller tiene contacto directo con el Departamento de Transporte, ya que esta es la encargada de coordinar el despacho de los trenes de acuerdo a lo establecido en los horarios de cada ruta. En caso de avería de uno de los equipos, ambas partes definen las acciones a seguir para atender el desperfecto con el menor impacto posible sobre el servicio.

Asimismo, el Taller tiene relación con el departamento de Proveduría y el Almacén de San José, ya que el primero es el encargado de gestionar la contratación de proveedores, compra de materiales, refacciones, entre otros. Y el segundo tiene como objetivo de controlar inventarios de herramientas, materiales y refacciones.

El personal Taller está integrado por ingenieros y técnicos de diversas áreas del saber. Se compone de un Jefe de taller, un Asistente del Jefe de taller y los técnicos correspondientes a cada turno. Actualmente, el Taller labora a dos turnos, uno diurno y otro nocturno. Dentro de la institución el Jefe de taller responde ante el Gerente de Operaciones, y este a su vez a la Presidencia Ejecutiva.

La estructura organizacional vigente del Taller Electromecánico de San José es como se muestra en figura 2.1.

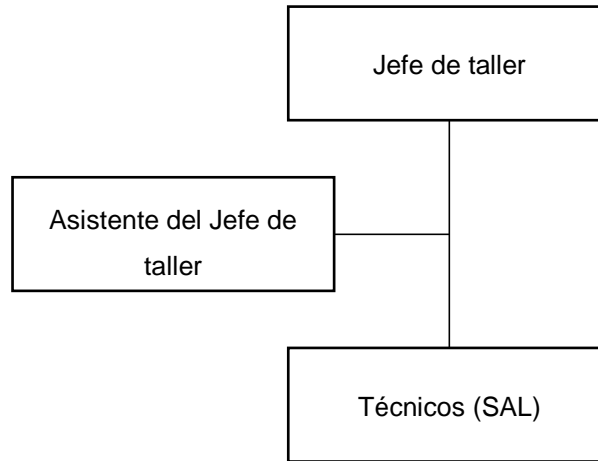


Figura 1.2. Estructura organizacional del Taller Electromecánico.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word 2016).

El equipo de trabajo encargado de gestionar el mantenimiento está integrado por el jefe de taller (Ingeniero en Mantenimiento Industrial) y el asistente de jefe de taller (Ingeniero Eléctrico), los cuales tiene a su cargo a 28 técnicos de diferentes áreas, entre ellas: electromecánica, mecánica de precisión, metalmecánica y neumática.

El personal técnico del Taller es manejado mediante tercerización, INCOFER a través de una Contratación Administrativa adquirió los servicios de mantenimiento de material rodante. Se contrataron los servicios de una SAL, esta sociedad está conformada por ex empleados de la institución. INCOFER recurre a este tipo de contrataciones ya que no dispone de plazas para tal fin.

Capítulo 2. Modelo de gestión de mantenimiento.

2.1. ¿Qué es un modelo de gestión?

Un modelo corresponde a una representación gráfica e idealizada sobre el funcionamiento de un sistema. Es una representación de la realidad, que se elabora para facilitar su comprensión y estudio; a través de esta se puede visualizar de forma clara y sencilla las variables y relaciones existentes entre ellas.

Conforme a su naturaleza, los modelos se pueden emplear como instrumentos de predicción, de comparación o simplemente como un medio para describir y explicar situaciones. Por otro lado, la Real Academia define gestión como la acción y el efecto de administrar.

Basado en lo anterior se puede decir que un *modelo de gestión* es una representación gráfica que muestra cómo se administra una actividad determinada. Llevando esta definición al contexto de una organización, en un modelo de gestión se puede ordenar y organizar objetivos y la forma de alcanzarlos, bajo un esquema compacto y de fácil comprensión.

Es fundamental que toda organización de mantenimiento cuente con un modelo de gestión, que le permita alinear sus objetivos con los de la institución a la que pertenece.

El Departamento de Mantenimiento tiene un impacto significativo en la calidad de los bienes y servicios, y de ahí la importancia de contar con un modelo que indique cómo y dónde enfocar los recursos de tal forma que generen el mayor beneficio posible para la Institución.

2.2.Etapas para el desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento.

De acuerdo con Gómez (2013), el desarrollo de un modelo de gestión consta de siete etapas las cuales se describen brevemente a continuación:

- 1) *Conocimiento de la situación y del contexto operativo:* Consiste en identificar y comprender el funcionamiento interno de la organización, cuáles son sus objetivos, cómo se fiscalizan los procesos, qué criterios se emplean en la toma de decisiones, jerarquización, entre otros.
- 2) *Diagnóstico de la gestión de mantenimiento:* Consiste en la evaluación de la gestión de mantenimiento a través de mecanismos como auditorías con el fin de determinar el nivel de madurez del mantenimiento.
- 3) *Análisis de los resultados:* Se determina qué es lo que hace la organización de mantenimiento actualmente y qué es lo que debería realizar, es decir se busca el grado de alineamiento entre lo que requiere la institución y lo que hace el departamento de mantenimiento.
- 4) *Desarrollo de la propuesta de modelo:* Corresponde al establecimiento de políticas, objetivos y metas. Se definen estrategias tácticas y de mantenimiento y el papel que cada miembro de la organización ocupa dentro del esquema.
- 5) *Evaluación de la viabilidad de la propuesta:* Se evalúa la viabilidad técnica y económica del modelo, se establecen los recursos humanos y materiales necesarios para su implementación.

- 6) *Implementación del modelo:* Se define la estrategia para “vender” a la gerencia propuesta, se plantea una estrategia de cambio cultural hacia la implementación del modelo y se establece un cronograma de implementación.
- 7) *Sostenibilidad del modelo:* Consiste en revisar los resultados del modelo y realizar los ajustes que correspondan.

2.3. Modelo de gestión de mantenimiento propuesto.

El modelo de gestión que se propone para el Taller Electromecánico consta de seis aspectos medulares que en conjunto fomentan un proceso de mejora continua, a continuación, se describen brevemente:

- 1) **Diagnóstico de la gestión de mantenimiento:** Esta primera etapa tiene como fin encontrar oportunidades de mejora, y evaluar la situación del mantenimiento con respecto de los estándares de clase mundial. Esto a través de mecanismos de evaluación como la norma COVENIN 2500-93
- 2) **Definición de metas:** El propósito de esta etapa es armonizar los objetivos de la organización de mantenimiento con los objetivos institucionales y brindar herramientas para fiscalizar el proceso. Mediante el desarrollo de una estrategia de cuadro de mando integral, elaborando objetivos, índices de evaluación, frecuencias de medición y responsables dentro del Taller Electromecánico.
- 3) **Jerarquización de equipos:** Por medio de un método de evaluación cualitativo definir prioridades de atención, es decir, identificar qué equipos son críticos para la prestación del servicio de transporte público de pasajeros.

- 4) **Evaluación de costos de mantenimiento:** Mediante la evaluación del gasto histórico de costos por tipo de maquinaria, se definirá cual es la “línea base” de inversión anual para los equipos considerados críticos.
- 5) **Planificación de mantenimiento:** En función de los resultados obtenidos en el paso 3 se debe definir las estrategias de mantenimiento que mejor se adecue a cada equipo. Y con los resultados obtenidos en el paso 4, proponer planes de mantenimiento que se ajusten al presupuesto disponible y establecer cuales equipos consumen más recursos y por qué.
- 6) **Puesta en marcha y recolección de información:** El último paso consiste en que toda la información generada de la ejecución de las etapas anteriores se integre a un sistema informático para la gestión del mantenimiento o base de datos, para facilitar su manejo, y que sirva para retroalimentar, el proceso de mejora continua.

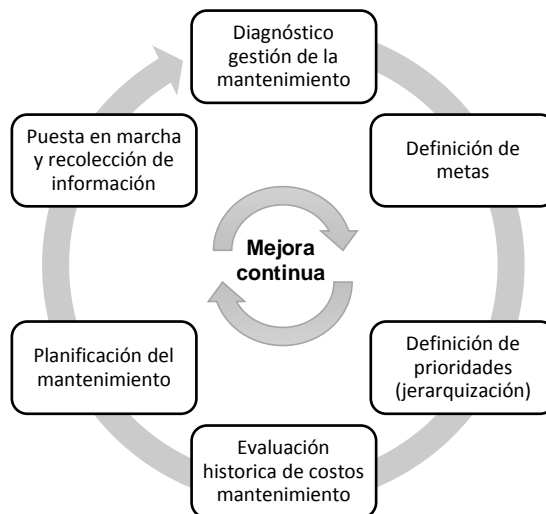


Figura 2.1. Modelo de gestión de mantenimiento propuesto.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Visio 2016).

Capítulo 3. Evaluación del Taller Electromecánico.

3.1. Mantenimiento de clase mundial.

De acuerdo con Gómez (2013), se puede definir mantenimiento de clase mundial como “el conjunto de las mejores prácticas operacionales y de mantenimiento, que reúne elementos de distintos enfoques organizacionales con visión de negocio”.

El mantenimiento de clase mundial o WCM (por sus siglas en inglés), fue concebido en la década de los 80 del siglo pasado, con la finalidad de incrementar la productividad de las empresas. Este busca reorientar la estrategia de mantenimiento hacia un enfoque proactivo, disciplinado en prácticas estandarizadas, gestión autónoma, competitivo y con índices de desempeño de clase mundial.

La categoría clase mundial, exige la focalización en los aspectos que se indican a continuación:

- Excelencia en los procesos medulares.
- Calidad y rentabilidad de los productos.
- Motivación y satisfacción del personal y los clientes.
- Máxima confiabilidad.
- Logro de producción requerida.
- Máxima seguridad personal.
- Máxima protección ambiental.

3.2. Norma COVENIN 2500-93.

La Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) fue el organismo encargado de programar y coordinar las actividades de Normalización y Calidad en Venezuela desde 1958 hasta el 2004, cuando las actividades desarrolladas por esta pasaron a ser ejecutadas por FONDONORMA.

La norma COVENIN 2500-93 se desarrolló con la finalidad de cuantificar el grado de eficiencia en el que se encuentran las organizaciones de mantenimiento en las empresas manufactureras. La norma evalúa cuatro factores:

- 1) Organización de la empresa.
- 2) Organización de la función de mantenimiento.
- 3) Planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento.
- 4) Competencia del personal.

3.2.1. Procedimiento de evaluación.

La norma divide los cuatro factores mencionados en el apartado anterior en doce áreas, once de las cuales se enfocan en el departamento de mantenimiento. Cada área está conformada por principios básicos que se evalúan a través de deméritos.

Principio básico: Es aquel concepto que refleja las normas de organización y funcionamiento, sistemas y equipos que deben existir y aplicarse en mayor o menor proporción para lograr los objetivos de mantenimiento.

Demérito: Es aquel aspecto parcial referido a un principio básico, que por omisión o su incidencia negativa origina que la efectividad de este no sea completa, disminuyendo en consecuencia la puntuación total. Cada principio básico cuenta con una puntuación máxima establecida, los deméritos restan al principio básico y pueden restar cualquier valor comprendido entre cero y el valor máximo indicado para cada uno de ellos.

Tabla 3.1. Principios básicos por áreas de evaluación de acuerdo a la Norma COVENIN 2500-93

Área	Principio básico
Organización de la empresa Organización del mantenimiento	Funciones y responsabilidades
	Autoridad y autonomía
	Sistema de información
Planificación de mantenimiento	Objetivos y metas
	Políticas para la planificación
	Control y evaluación
Mantenimiento rutinario Mantenimiento programado Mantenimiento circunstancial Mantenimiento correctivo	Planificación
	Programación e implantación
	Control y evaluación
Mantenimiento preventivo	Determinación de parámetros
	Planificación
	Control y evaluación
Mantenimiento por avería	Atención a las fallas
	Supervisión y ejecución
	Información sobre las averías
Personal de mantenimiento	Cuantificación de las necesidades del personal
	Selección y formación
	Motivación e incentivos
Apoyo logístico	Apoyo administrativo
	Apoyo gerencial
	Apoyo general
Recursos	Equipos
	Herramientas
	Instrumentos
	Materiales
	Repuestos

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word 2016).

3.3. Metodología.

Con la finalidad de evaluar cuantitativamente la gestión del mantenimiento en el Taller Electromecánico, se recopiló la información correspondiente mediante el formato definido en la norma COVENIN 2500-93. La evaluación se aplicó al personal de la organización de mantenimiento, además, se valoraron las áreas que a criterio del autor se apegan a la realidad de la entidad estudiada.

A continuación, se detalla la metodología empleada para la aplicación de la norma:

- 1) El primer paso fue realizar una reunión con la jefatura del Taller de Electromecánico para informar acerca del proceso de evaluación y discutir los aspectos a valorar.
- 2) Se realizaron recorridos por las instalaciones del Taller Electromecánico y las bodegas del almacén de San José, con el objetivo de visualizar la realidad institucional.
- 3) Se realizaron entrevistas a los miembros del equipo de trabajo de Taller Electromecánico y del almacén de San José que se encuentran involucrados con los principios básicos a evaluar.
- 4) Se solicitó y estudió la documentación existente para el control de insumos y tareas de mantenimiento.
- 5) La información recolectada se tabuló y graficó, para facilitar su comprensión y análisis.

3.4.Situación del Taller Electromecánico.

Antes de emitir un juicio es necesario conocer en detalle al sujeto de estudio, de modo que el primer paso fue analizar la gestión existente en el Taller, se procedió a recolectar la documentación actual, y a identificar los métodos empleados para la administración de las tareas de mantenimiento, y si la información recolectada podía emplearse para la estimación de índices.

No existe un sistema para asignar y controlar las tareas de mantenimiento, y no se ha implantado el uso de órdenes de trabajo. Actualmente, se cuenta con un documento llamado “reporte de locomotoras”, este funciona como una bitácora donde los maquinistas reportan los síntomas que perciben como relevantes, este es el único registro de fallas con que se cuenta en el taller.

El documento carece de espacios para el registro de información relevante como, nombre del encargado del equipo, nombre del técnico que atendió la falla, trabajo realizado, repuestos utilizados y tiempo invertido. Los datos recolectados mediante este documento no son analizados ni procesados para servir de base en la toma de decisiones o emprender acciones de mejora.

Asimismo, se cuenta con un formato para reportar los materiales empleados durante el mantenimiento de rutina, como lubricantes, zapatas de freno, filtros de aceite y filtros de aire. La Jefatura de Mantenimiento se encarga de valorar la información recolectada por los técnicos para estimar el consumo mensual de los insumos antes mencionados.

El Departamento de Transporte brinda a la Jefatura del Taller el número de paradas debido a fallas mecánicas en los equipos que provocaron suspensiones del servicio, esta información se tabula, y se calcula disponibilidad mediante una metodología propia que no corresponde a la aceptada internacionalmente para ese indicador de mantenimiento de clase mundial.

El Almacén de San José se encarga del acopio y administración de todos los insumos de la empresa, desde artículos de limpieza y oficina, hasta materiales y refacciones para maquinaria. Los insumos se administran mediante hojas de cálculo digitales, ya que no se cuenta con un software específico para tal función, y no se posee una base de datos con información de las refacciones de los equipos. No se ha establecido el nivel de criticidad de las refacciones, por lo tanto, no se conoce cuál es el inventario de seguridad y punto de re-orden del mismo.

Para gestionar el retiro de herramienta, materiales o refacciones del almacén, es necesario que los técnicos presenten una requisición, la cual debe ser aprobada por el jefe de taller o por su asistente. En el documento se debe indicar que insumos se retirarán y en qué cantidad, mas no se especifica en cuál equipo se va emplear el repuesto, ni se tiene control de los repuestos empleados por equipo.

Prevalece la atención de urgencias, mantenimiento correctivo inmediato, lo cual deja poco margen para la planificación. En cuanto a mantenimiento preventivo, la única actividad programada es el cambio de aceite, de los coches autopropulsados y locomotoras.

La institución está tomando medidas con la finalidad de mitigar sus debilidades, por ejemplo, ya se adjudicó un contrato para el desarrollo de un sistema informático, los criterios de diseño para el software fueron los sugeridos por medio de un estudio desarrollado en el año 2015 por la firma auditora INGEMAN.

El software se encargará de manejar órdenes de trabajo y planes de mantenimiento en el Taller Electromecánico, y el inventario en el Almacén, esto permitirá establecer en cuáles equipos, en qué cantidad y con qué frecuencia se emplean insumos como materiales y refacciones. Asimismo, permitirá determinar punto de re-orden stock máximo y stock mínimo. Esto es un aspecto fundamental para el buen funcionamiento de un modelo de gestión.

3.5. Resultados y análisis de la evaluación.

3.5.1. Escala de evaluación.

En la Norma COVENIN 1980-89 se establece una calificación para el índice de medición de la gestión de mantenimiento, este se mide en una escala que oscila entre 0 y 100. La escala define 4 niveles, en los cuales se clasifica la gestión en función de la calificación obtenida (ver tabla 3.2).

Tabla 3.2. Escala de evaluación para la gestión de mantenimiento de acuerdo a la Norma COVENIN 1980-89

Rango (%)	Situación	Descripción
100-90	Buena	No existen síntomas evidentes de deficiencias en el área que afecten la productividad.
89,9-80	Aceptable	Las deficiencias en esta área pueden estar afectando la productividad. De realizarse mejoras pueden influir apreciablemente en la productividad.
79,9-50	Deficiente	Deficiencias marcadas que afectan la productividad. Con gran certeza se puede influir en mejoras sustanciales de productividad.
49,9-0	Grave	Deficiencias extremas que repercuten notoriamente en la productividad.

Fuente: Elaboración propia Microsoft Word 2016.

3.5.2.Resultados y análisis de la evaluación.

En la tabla 3.3 se presentan los resultados obtenidos producto de la evaluación del Taller Electromecánico, en ella se muestran las calificaciones obtenidas en cada una de las áreas estudiadas.

Tabla 3.3. Resultado de la evaluación por área.

Área	Descripción	Porcentaje	Situación
II	Organización de mantenimiento	27,0%	Grave
III	Planificación mantenimiento	31,0%	Grave
IV	Mantenimiento rutinario	32,4%	Grave
V	Mantenimiento programado	20,0%	Grave
VII	Mantenimiento correctivo	30,0%	Grave
VIII	Mantenimiento preventivo	24,0%	Grave
IX	Mantenimiento por avería	32,0%	Grave
X	Personal de mantenimiento	15,0%	Grave
XI	Apoyo logístico	33,0%	Grave
XII	Recursos	27,3%	Grave

Fuente: Elaboración propia Microsoft Word 2016.

Gráfico 3.1 Resultados de la evaluación por área

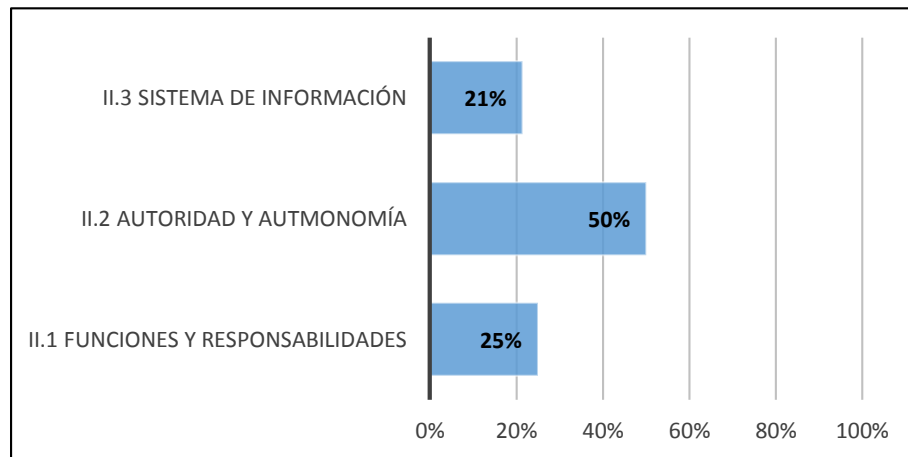


Fuente: Elaboración propia Microsoft Word 2016.

A continuación, se analizan los resultados de la evaluación realizada a cada área.

II Organización de mantenimiento

Gráfico 3.2. Organización de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

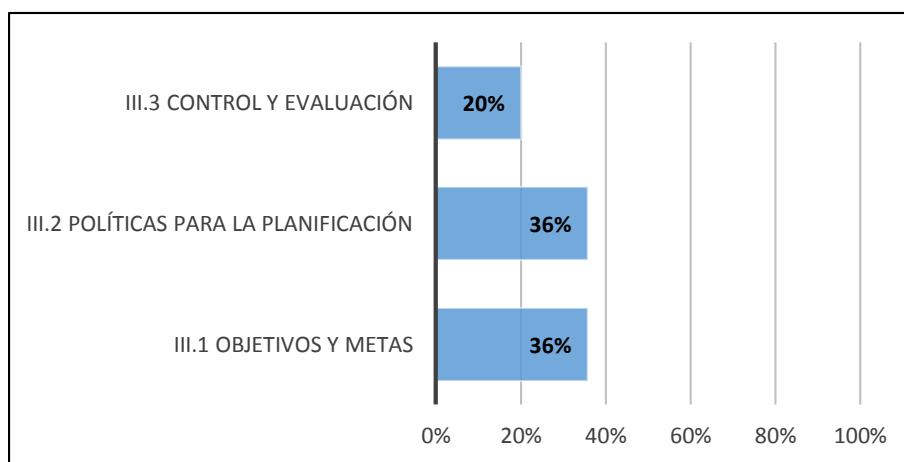
La organización de mantenimiento no tiene establecidas por escrito las funciones de los colaboradores que la integran. Los técnicos no son empleados de la institución, de modo que tienen que responder a dos jefaturas distintas, la de INCOFER y la de su respectiva SAL.

Esto provoca que no exista una fiscalización efectiva en el cumplimiento de horarios y horas extra, ya que la Jefatura de la SAL es quien se encarga de generar los reportes de horas laboradas, y la Jefatura de INCOFER se limita a revisar y aprobar el pago correspondiente, la institución no posee ningún mecanismo para corroborar la veracidad de los datos.

Situaciones de carácter rutinario, como el retiro de materiales o refacciones de bodega requieren de la aprobación de una requisición por parte de la jefatura de mantenimiento. La organización carece de un sistema de información bien estructurado, no existen medios para el procesamiento, depuración, clasificación, conservación y difusión de la misma.

III Planificación del mantenimiento

Gráfico 3.3. Planificación del mantenimiento



Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

El departamento de mantenimiento no cuenta con metas ni con objetivos claros. No se han identificado a los equipos en orden de prioridad para la realización de mantenimiento.

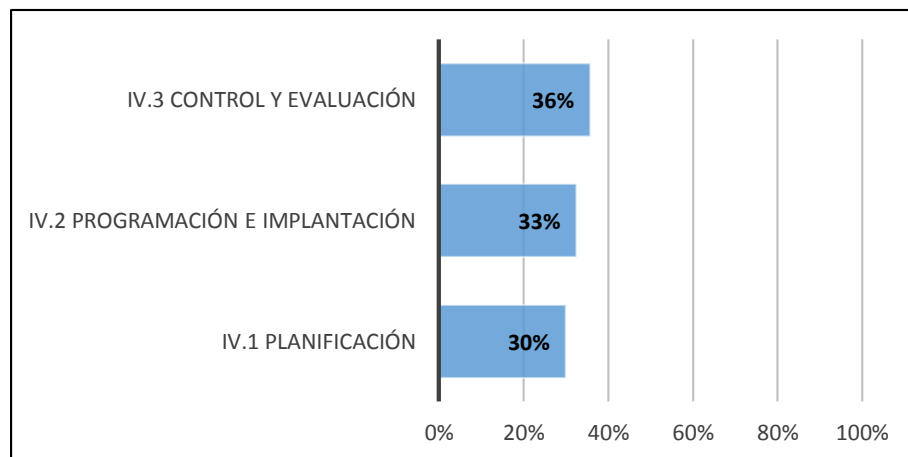
En cuanto a planificación, en mayo del presente año se realizó un estudio acerca del estado del material rodante destacado en la GAM que señala el avanzado estado de deterioro del equipo, pero no se han definido acciones claras para afrontar la situación.

Las acciones de mantenimiento que se ejecutan no se orientan hacia el logro de objetivos, se limitan a mantener el equipo en marcha. La empresa no cuenta con un inventario detallado de manuales y catálogos de piezas de los equipos a mantener (gran parte de esta información está en manos de los técnicos).

Asimismo, no se cuenta con archivos organizados con la información necesaria para crear los programas de mantenimiento preventivo y por tanto no hay información que procesar para la toma de decisiones.

IV Mantenimiento rutinario

Gráfico 3.4. Mantenimiento rutinario



Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

La evaluación se realizó tomando como mantenimiento rutinario las revisiones diarias realizadas por los técnicos durante el periodo en el cual no se presta servicio.

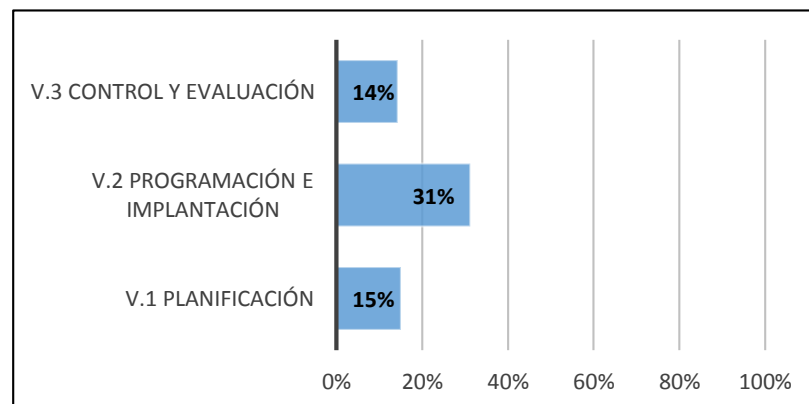
El mantenimiento rutinario no obedece a ningún tipo de planificación, y no hay instrucciones definidas claramente. A pesar de que hay una frecuencia definida, las tareas se realizan de forma variable y ocasional dependiendo del personal disponible para tal efecto.

No se tiene establecida una metodología de supervisión que permita controlar la realización de actividades. Sin embargo, se tienen un formato básico para la recopilación de información sobre los materiales consumidos durante el desarrollo de las acciones de mantenimiento. No se controlan tiempos de ejecución de tareas.

La información que se recopila resulta insuficiente para la evaluación del mantenimiento rutinario y determinar su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.

V Mantenimiento programado

Gráfico 3.5. Mantenimiento programado



Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

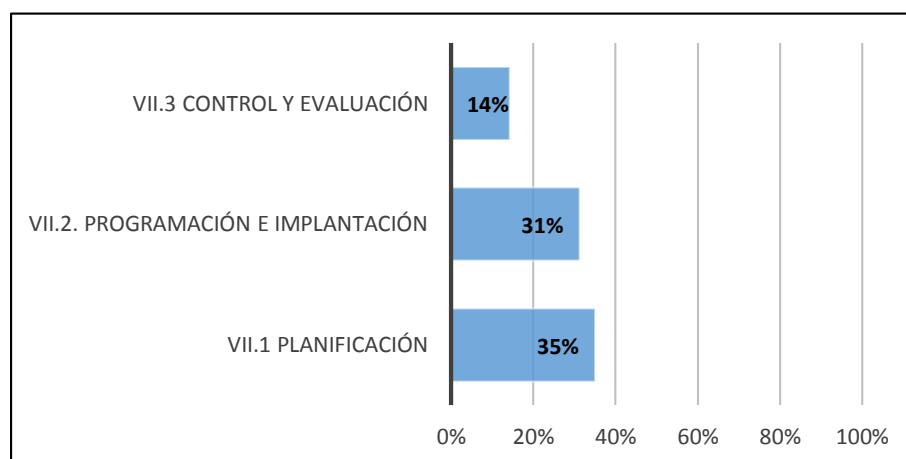
En cuanto a planificación, no se tiene conocimiento de las cargas de trabajo y los ciclos de revisión de las máquinas, no se tiene los manuales de todas las máquinas (coches de pasajeros) y muchos de los existentes no aportan información completa. Además, no se ha determinado el personal necesario para realizar las acciones de mantenimiento programado.

La programación es inexistente, solamente se realizan las revisiones que recomiendan los fabricantes de los equipos, pero no con la frecuencia estipulada, si no de manera variable y ocasional.

La evaluación y el control son débiles, esto en parte se debe a que no se cuenta con un sistema computarizado para el manejo de la información de mantenimiento de forma centralizada, los pocos datos que se recolectan se manejan en papel o en hojas de cálculo digitales sin relación alguna.

VII Mantenimiento correctivo

Gráfico 3.6. Mantenimiento correctivo



Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

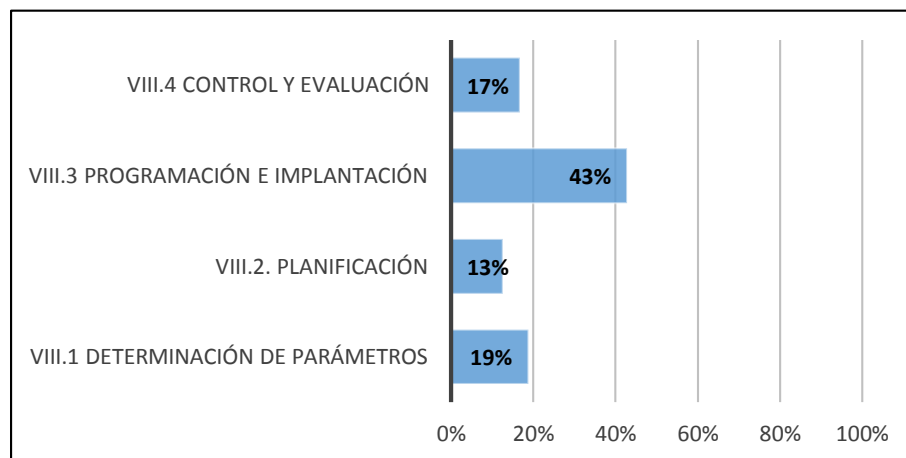
En cuanto al mantenimiento correctivo, no se llevan registros de aparición de fallas, solamente lo que se anota en bitácora y en los formatos para reporte fallas, además la información recolectada por medio de reportes no es de utilidad debido al mal diseño de los formatos.

No se tiene establecida una programación de ejecución de acciones de mantenimiento correctivo, las fallas se atienden hasta que la afectación al servicio es inminente y es común que las soluciones implementadas sean de carácter temporal lo que produce re-trabajo.

Para la ejecución de mantenimiento correctivo no se tiene una adecuada distribución del tiempo para realizar las labores y no todo el personal cuenta con la capacitación idónea.

VIII Mantenimiento preventivo

Gráfico 3.7. Mantenimiento preventivo



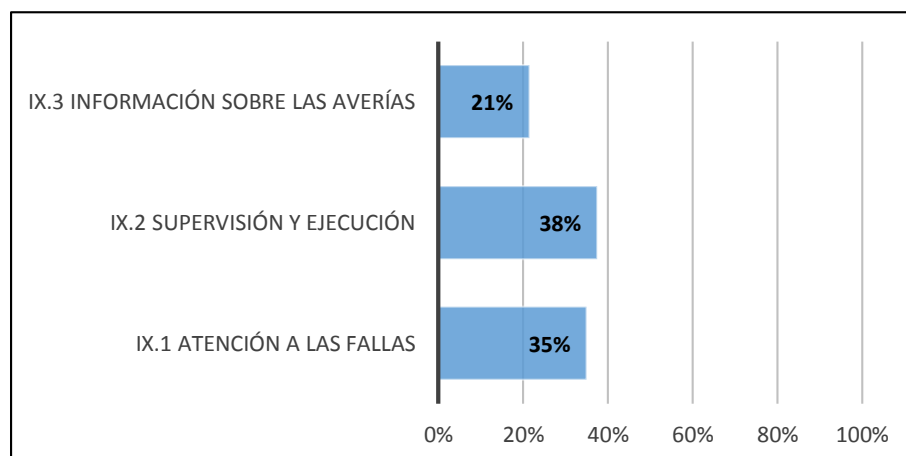
Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

En lo relacionado con el mantenimiento preventivo, la organización no posee estudios para determinar la confiabilidad y la mantenibilidad de las máquinas, y no se tienen evaluaciones estadísticas para la determinación de la frecuencia de sustitución de piezas clave.

No se ha definido cuales sistemas de los equipos deben formar parte de planes de mantenimiento preventivo, y no se cuenta con formatos normalizados para recoger información técnica básica de cada objeto de mantenimiento inventariado. Debido a que no se tiene información fidedigna, no se puede evaluar la incidencia del mantenimiento preventivo en el sistema y los recursos utilizados.

IX Mantenimiento por avería

Gráfico 3.8. Mantenimiento por avería



Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

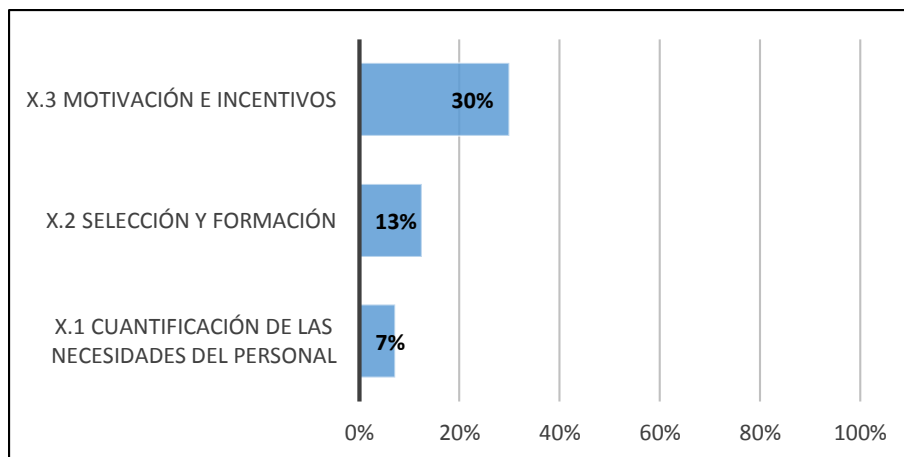
La organización de mantenimiento no cuenta con instructivos de registro de fallas, únicamente la bitácora de taller, no se cuenta con procedimientos de ejecución que permitan disminuir el tiempo fuera de servicio del sistema. No existen registros para el control de materiales utilizados en la atención de averías, no se llevan registros para el análisis de fallas y determinar su corrección definitiva o su prevención.

La información con la que se cuenta no permite la evaluación del mantenimiento por avería basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema. La supervisión es escasa o nula en el transcurso de la reparación y puesta en marcha del sistema averiado.

La carencia de herramienta adecuada y los tiempos de espera por repuestos inciden de forma negativa en la atención de averías. Por último, no todo el personal posee la capacitación adecuada para la atención de cualquier tipo de falla.

X Personal de mantenimiento

Gráfico 3.9. Personal de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

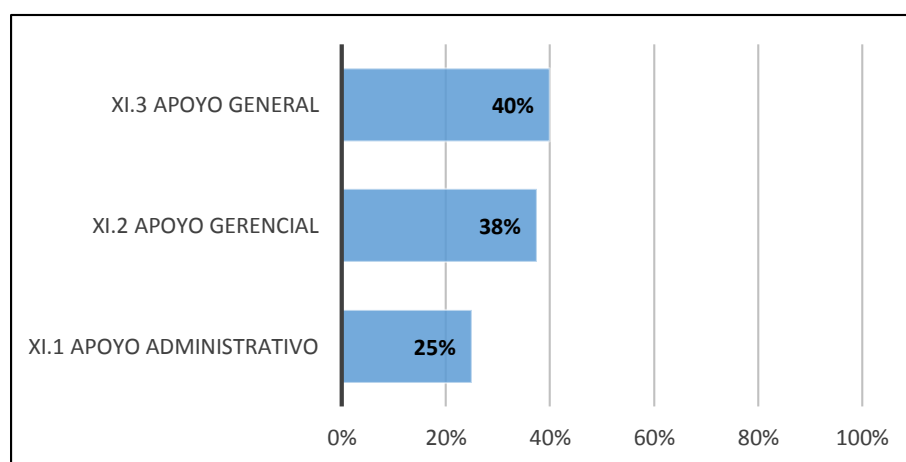
No existen estudios que indiquen el número óptimo de personas que requiere la organización de mantenimiento. Asimismo, no se cuenta con formatos donde se especifique el tipo y cantidad de ejecutores de mantenimiento por tipo de frecuencia, tipo de mantenimiento.

La jefatura de mantenimiento sí considera características como educación, experiencia, conocimiento, habilidades, destrezas y actitudes personales para la selección de personal, sin embargo, debido a los salarios poco competitivos que ofrece es incapaz de reclutar o retener al personal idóneo. De tal modo que el proceso de selección es poco efectivo.

No existen programas permanentes de formación del personal, y las descripciones de los cargos no son conocidas a plenitud por los colaboradores. La institución no cuenta con evaluaciones de rendimiento periódicas para fines de ascensos o aumentos salariales y no se otorga ninguna clase de incentivo o estímulo por iniciativa, puntualidad, entre otros.

XI Apoyo logístico

Gráfico 3.10. Apoyo logístico

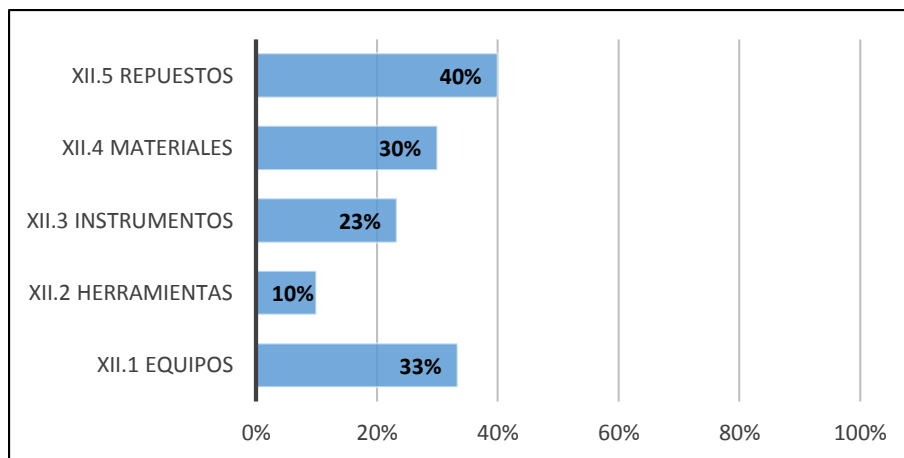


Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

Los recursos asignados a la organización de mantenimiento no son suficientes, y no se posee políticas de financiamiento a largo plazo dirigidas a inversiones, mejoramiento de objetos de mantenimiento u otros.

Recursos

Gráfico 3.11. Recursos



El ente de mantenimiento no cuenta con los equipos necesarios para operar con efectividad, o de los que dispone son muy antiguos y no se ajustan a las necesidades. No se lleva ningún registro de entrada y salida de equipos y no se tienen controles de uso y estado de los mismos.

No se cuenta con las herramientas necesarias para que el ente de mantenimiento opere eficientemente, INCOFER es el encargado de suministrar con herramienta a los técnicos, ya que este rubro no se incluyó en el contrato con la SAL. Asimismo, no se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de la herramienta, y no se controla entrada y salida de la misma.

Al igual que la herramienta, se carece de instrumentos y de controles de entrada y salida, sitio para almacenamiento y evaluaciones de estado de estos. En el caso del material, no se cuenta con sitios adecuados para su almacenamiento lo que provoca que se dañe (soldadura), los formatos para el control de material se manejan manualmente, lo que da pie a imprecisiones y no están identificados plenamente.

Las refacciones no se encuentran identificadas plenamente, además se mantienen en stock refacciones que no son de primera necesidad, pero hay escasez de otras requeridas con urgencia (cilindros de freno). Lo que provoca que muchas se dañen antes de ser utilizadas, por ejemplo, empaques y filtros de aceite. No se lleva control de refacciones desechadas por mala calidad.

Tanto para los materiales como para refacciones se desconocen los mínimos y máximos que se debe mantener en reserva. Y no se ha cuantificado el costo por la carencia de estos.

3.5.3. Identificación de oportunidades de mejora.

De la evaluación se desprende que existe un amplio margen de mejora en todas las áreas de estudio, sin embargo, para efectos del proyecto se abarcarán los aspectos que se detallan a continuación (ver tabla 3.4).

Tabla 3.4. Principios básicos por áreas de evaluación de acuerdo a la Norma COVENIN 2500-93

Área	Descripción	%	Situación	Propuesta
III	Planificación del mantenimiento	31,0	Deficiente	Gestión de procesos estandarizada, indicador que permita evaluar el desempeño.
IV	Mantenimiento rutinario	32,4	Deficiente	Gestión de procesos estandarizada, indicador que permita evaluar el desempeño. Definir estrategia de mantenimiento más adecuada.
V	Mantenimiento programado	20,0	Grave	Gestión de procesos estandarizada, indicador que permita evaluar el desempeño.
VII	Mantenimiento correctivo	28,0	Grave	Gestión de procesos estandarizada. Definir estrategia de mantenimiento más adecuada.
VIII	Mantenimiento preventivo	24,0	Grave	Indicadores que permitan evaluar el desempeño. Definir estrategia de mantenimiento más adecuada.
IX	Mantenimiento por avería	32,0	Grave	Gestión de procesos estandarizada, Definir estrategia de mantenimiento más adecuada.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word 2016).

Capítulo 4. Gestión y estandarización de procesos.

Proceso se puede definir como un conjunto de fases sucesivas dispuestas de alguna forma lógica que se enfoca en lograr un resultado específico. De modo que se puede considerar que cualquier acción, o conjunto de acciones relacionadas entre sí, que emplea recursos y controles, para transformar elementos de entrada en resultados puede considerarse como un proceso.

Para que un conjunto de actividades relacionadas entre sí conduzca a un resultado determinado, es preciso definir y controlar el proceso del que forman parte. La importancia de dirigir y controlar un proceso radica en que no es posible actuar directamente sobre los resultados, ya que el propio proceso conduce a ellos. Para controlar el efecto (resultado) hay que actuar sobre la causa (proceso).

La gestión de procesos permite el aumento de la productividad de una empresa ya que es una forma sistemática de integración entre la estrategia organizacional, las personas, los procesos, la estructura y la tecnología. A través de la gestión de procesos se pueden controlar variables claves como tiempo, calidad y costo, permitiendo evaluar el desempeño y relacionando las posibles oportunidades de mejora.

El establecimiento de procesos estandarizados a lo interno de una organización implica la definición de roles, asignación de responsabilidades y la identificación de los recursos necesarios para el cumplimiento del trabajo logrando resultados consistentes a lo largo del tiempo.

De acuerdo con lo propuesto por el Ministerio de Fomento de España (2005), los servicios de transporte se caracterizan por condiciones (los medios, el personal, las condiciones ambientales, entre otros) que generalmente, nunca se repetirán de forma idéntica.






Para asegurar los resultados es fundamental forjar y establecer procesos con mecanismos de control que permitan corregir anticipadamente las posibles desviaciones.

La gestión de procesos no está orientada a la detección de errores en el servicio, sino que la forma de concebir cada proceso permitirá evaluar las desviaciones del mismo, con el objetivo de corregir sus tendencias antes de que se genere un resultado defectuoso.

Existen dos formas para describir un proceso, las cuales se describen brevemente a continuación:

- **Diagramas de flujo:** Son una representación gráfica del proceso a través de símbolos que identifican el tipo de acciones que se desarrollan en las diferentes fases de la secuencia. En él se reflejan las actividades desarrolladas, el orden en que se realizan, los responsables en cada etapa y los documentos generados.

Tabla 4.1. Símbolos de diagrama de flujo.

Símbolo	Descripción
	Indica el inicio y el final del flujo-grama.
	Conectan los símbolos del diagrama, señalando el orden en el que se realizan las fases.
	Representa la realización de una operación o actividad relativas a un procedimiento
	Indica un punto en el proceso en el que se toma una decisión.
	Representa cualquier tipo de documento que entra, se genere o salga del proceso.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word 2016).

- **Ficha de proceso:** Las fichas de proceso cumplen una función complementaria, a través de estas se representa toda la información que no contienen los diagramas de flujo, pero, que es necesaria para la comprensión absoluta del proceso. Generalmente, incluyen elementos básicos como entradas, salidas indicadores de proceso o control y de resultados.

MDP-SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN DE PROCESOS		FICHA-PROC-	REGS
FICHAS DE PROCESOS			
FICHA DEL PROCESO		EDICIÓN	FECHA REVISIÓN
GESTIÓN DE REGISTROS		1	07/11/03
MISIÓN DEL PROCESO			
Recoge el modo de identificación, formato, cumplimentación, acceso, almacenamiento, conservación y disposición de los registros del Sistema de Gestión de Calidad			
ACTIVIDADES QUE FORMAN EL PROCESO			
Formato de los registros		Conservación y archivo	
Identificación de registros		Disposición de registros	
Cumplimentación de registros			
Almacenamiento y recuperación			
RESPONSABLES DEL PROCESO			
El responsable de la gestión de registros es el Responsable de Gestión de Calidad En cada procedimiento se definen los responsables de cumplimentación de registros			
ENTRADAS DEL PROCESO		SALIDAS DEL PROCESO	
Determinación de nuevos registros		Registros controlados y gestionados	
PROCESOS RELACIONADOS			
En cada procedimiento se definen los registros correspondientes a cada proceso			
RECURSOS/NECESIDADES			
Formato para la cumplimentación de registros Listado de registros en vigor			
REGISTROS/ARCHIVOS			
Listado de registros en vigor		REGISTRO-REGS-01	
INDICADORES			
Número de Incidencias relacionadas con el proceso abiertas en auditorías externas Número de total de Incidencias relacionadas con el proceso abiertas en auditorías			
DOCUMENTOS APLICABLES			
Procedimiento de Gestión de Registros		MDP-REGS	

FORMATO-PROC-01

Figura 4.1. Ficha de proceso genérica.

Fuente: Sistemas de gestión de calidad según ISO 9001. Recuperado el 17 de setiembre de 2017 de: <http://iso9001calidad.com/ficha-proceso-gestion-documentos-3-1198.html>

4.1. Procesos a estandarizar en el Taller Electromecánico.

Como parte de las mejoras propuestas para el Taller Electromecánico, se realizaron los procesos para la gestión del mantenimiento no programado y mantenimiento programado, ya que tal y como se evidencia en la evaluación COVENIN 2500-93, presentan un nivel de gestión deficiente.

La metodología empleada para la elaboración de los diagramas de flujo fue la siguiente:

- Se realizaron entrevistas al personal del Taller, para determinar la forma en la que se realizan los procesos e identificar la documentación involucrada.
- Se identificaron oportunidades de mejora basado en lo observado en las entrevistas, los resultados de la evaluación con Norma COVENIN 2500-93, y el estudio desarrollado para INCOFER por la empresa consultora INGEMAN en el año 2015.
- Se construyeron los diagramas de flujo de los procesos, involucrando documentación existente (requisición de materiales y reportes de avería) y se propuso el uso de documentación adicional (órdenes de trabajo).
- Se rediseñaron los documentos de requisición de materiales y reporte de averías.

Los diagramas de flujo propuestos, así como la documentación, pueden ser consultados, en la sección de apéndices.

Capítulo 5. Cuadro de mando integral

5.1. Definición

De acuerdo con Milla y Martínez (2012) un Cuadro de Mando Integral (CMI) o Balance Scorecard (BSC), es una herramienta para la gestión estratégica que permite describir y comunicar una táctica de forma coherente y clara.

En palabras de Kaplan y Norton (2002) “el Cuadro de mando integral traduce la estrategia y la misión de una organización en un amplio conjunto de medidas de la actuación, que proporciona la estructura necesaria para un sistema de gestión y medición estratégica”.

Los objetivos e indicadores del Cuadro de Mando Integral se desprenden de la visión y estrategia de una organización, y contemplan su situación desde cuatro perspectivas: la financiera, la del cliente, la del proceso y la del aprendizaje y crecimiento.

Los cuatro enfoques son aplicables a un gran número de empresas, de ahí su consideración común, sin embargo, no es necesario incorporar todos, incluso, si se considera preciso se puede adjuntar alguno más.

5.2. Perspectivas del Cuadro de Mando Integral.

Como se mencionó anteriormente, el Cuadro de Mando Integral cuenta con cuatro perspectivas, las cuales se detallan a continuación.

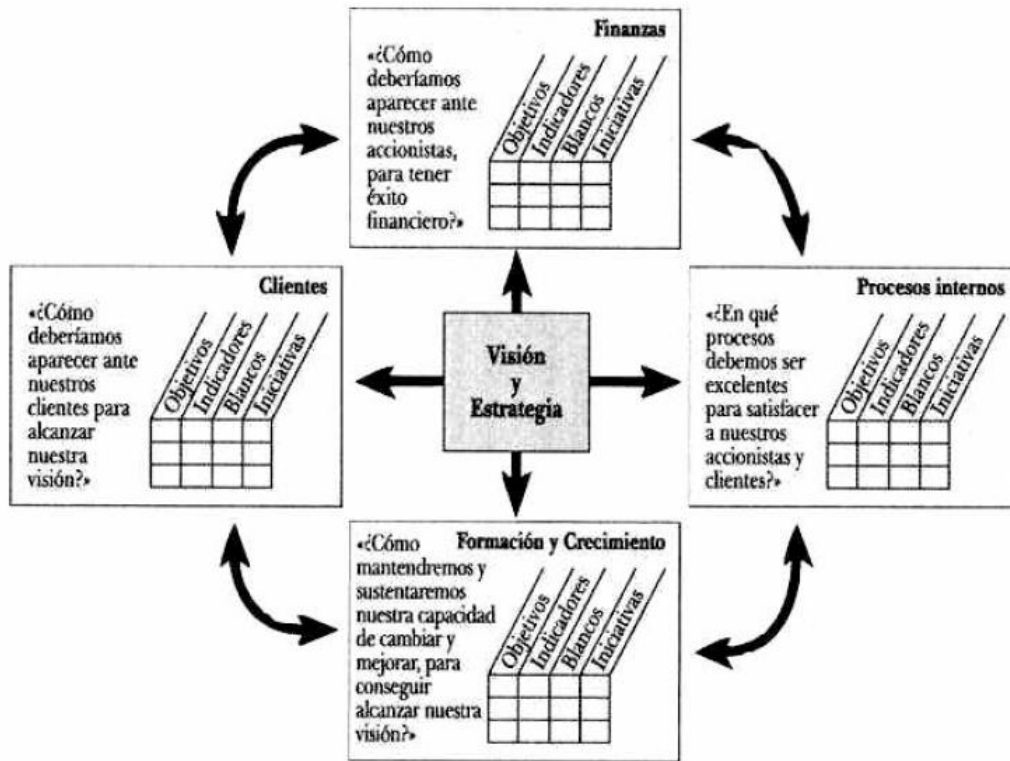


Figura 5.1. Perspectivas del Cuadro de Mando Integral.

Fuente: Kaplan, R. y Norton, D. *El Cuadro de Mando Integral (1ª edición)*. Ediciones Gestión 2000 S.A. Barcelona, España, 2002.

5.2.1. Perspectiva financiera.

Mide el valor final que la empresa da a sus accionistas. Esto influye en la rentabilidad, crecimiento de los ingresos, precio de las acciones, el flujo de efectivo y el rendimiento sobre la inversión. De acuerdo con Kaplan y Norton (2002), las medidas financieras de una empresa indican si su estrategia, su puesta en práctica y ejecución están contribuyendo a la mejora del mínimo aceptable.

Los indicadores de centrales de esta perspectiva, se encuentran divididos en tres aspectos:

- Crecimiento y diversificación de los ingresos.
- Reducción de los costos como mejora de la productividad.
- Utilización de los activos.

5.2.2.Perspectiva del cliente.

Se enfoca en los deseos, necesidades y satisfacción del cliente, así como en la cuota de participación en el mercado y en el crecimiento de esta. Asimismo, incluye seguridad, niveles de servicio y calificaciones de satisfacción. Este enfoque está dirigido a identificar quién es cliente y cuál es el mercado objetivo por el cual competirá la empresa.

Algunos de los indicadores centrales de esta perspectiva son:

- La cuota de mercado asociada con la proporción de ventas en un mercado específico.
- La tasa de incremento en el número de clientes del negocio.
- Retención de clientes a través del tiempo.
- Nivel de satisfacción de los clientes por el servicio.
- Rentabilidad del cliente como beneficio neto después de eliminar los costos adquiridos.

5.2.3.Perspectiva interna o de procesos de negocio.

Este enfoque se ocupa del desempeño de los procesos internos clave que impulsan el negocio. Esto incluye mediciones tales como niveles de calidad de los bienes y servicios, productividad, tiempo de flujo, flexibilidad de diseño y demanda, utilización de activos, seguridad, calidad ambiental y costo.

Kaplan y Norton (2002) organizan la perspectiva de procesos internos en cuatro grupos:

- Procesos de gestión operativa: Son aquellos procesos básicos a través de los cuales las empresas generan día a día sus productos y servicios.
- Procesos de la gestión de clientes: Son los encargados de ampliar y profundizar las relaciones con los clientes que son el objetivo.
- Procesos de innovación: Desarrollan nuevos productos, procesos y servicios, permitiendo que la empresa se aventure en nuevos mercados y segmentos de clientes.
- Procesos reguladores y sociales: Ayudan a las empresas a ganarse continuamente el derecho de funcionar en las comunidades y países donde producen y venden.

5.2.4.Perspectiva de aprendizaje y crecimiento.

Esta perspectiva centra su atención en la base del éxito futuro, gente e infraestructura de la organización. Las mediciones claves incluyen activos intangibles (know-how e investigación), tiempo para desarrollar productos y servicios nuevos, satisfacción de los colaboradores, innovación de los mercados y horas de capacitación.

De acuerdo con Kaplan y Norton, la formación y el crecimiento de una organización proceden de tres fuentes principales: las personas, los sistemas y procedimientos de la organización. Los indicadores centrales de esta perspectiva se encuentran divididos en tres aspectos:

- El potencial de los colaboradores en función de su satisfacción, productividad y retención.
- Conocer las capacidades de los sistemas de información con el fin de aumentar el nivel de capacitación de los colaboradores y alcanzar la visión de la empresa.
- Motivación. Empoderamiento y coherencia de objetivos relacionados con sugerencias, razones de mejora, congruencia de los individuos y la organización, actuación del equipo, entre otras.

5.3.Fases para la elaboración de un CMI.

De acuerdo con Piedra (2017), el proceso de elaboración de un Cuadro de Mando Integral se puede dividir en seis etapas que agrupan en tres grandes áreas tal y como se muestra a continuación:

5.3.1.Análisis estratégicos.

Se define como el proceso a través del que se determina el conjunto de amenazas y oportunidades presentes en el contexto en el que se desenvuelve la organización, así como el conjunto de fortalezas y debilidades. Esto permite el diagnóstico y evaluación de la situación.

5.3.2. Formulación de estrategias.

Consiste en el diseño tanto a nivel corporativo como de negocio o funcional de las alternativas que se tienen para alcanzar la misión y los objetivos que se han elegido, a partir del contexto definido en los análisis de la sección anterior.

5.3.3. Implantación estratégica.

Es el proceso mediante el que se pone en marcha la alternativa estratégica seleccionada, en función de factores como la capacidad del equipo directivo para estimular la actividad de recursos humanos para alcanzar eficazmente las metas planteadas, así como de la estructura organizativa y la cultura empresarial que sirvan de soporte a la implantación.

El proceso culmina con la planificación y control estratégico, de tal forma que se comprueben los resultados obtenidos con la misión y los objetivos planteados.

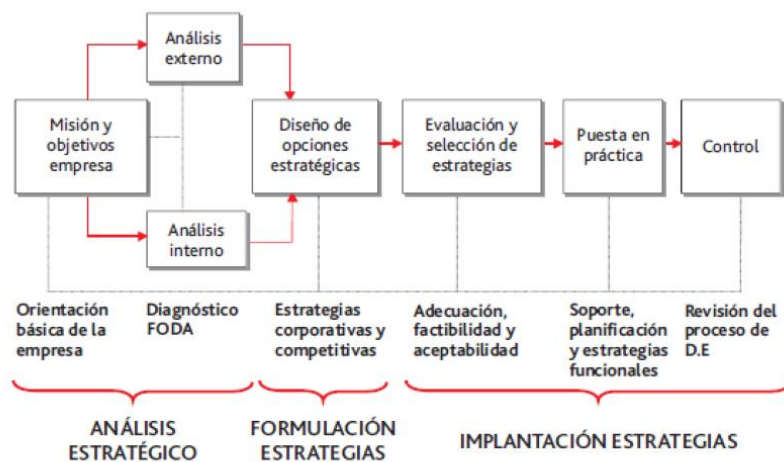


Figura 5.2. Proceso de elaboración de un CMI.

Fuente: Facilitado por el Ing. Carlos Piedra Santamaría (2017).

A continuación, se describen brevemente las fases para la elaboración de un Cuadro de Mando Integral.

Misión y visión

Definen la identidad de la empresa e indica su razón de ser. La visión identifica el objetivo a largo plazo de la organización y define la ruta a de crecimiento y transformación a seguir para conseguirlo.

Análisis FODA

Mediante la herramienta de análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), se evalúa el contexto en el que se desenvuelve la organización y cuál es la situación interna actual de la misma.

Mapa estratégico

Un mapa estratégico es una representación gráfica empleada para orientar a la dirección de la empresa e identificar hacia dónde dirigirse. Este presenta de forma sencilla los objetivos estratégicos agrupándolos en diferentes perspectivas y representando las relaciones causa-efecto, existentes entre ellos.

Los mapas estratégicos se diseñan bajo una arquitectura específica de causa y efecto; cuyo objetivo primordial es mostrar cómo interactúan las cuatro perspectivas.

En la figura 5.3 se muestran los elementos del mapa estratégico y la relación que establece entre diversos temas. La herramienta destaca la secuencia en que se presentan las distintas perspectivas y por medio de la dirección de las flechas se indica la relación causa-efecto entre los temas estratégicos.

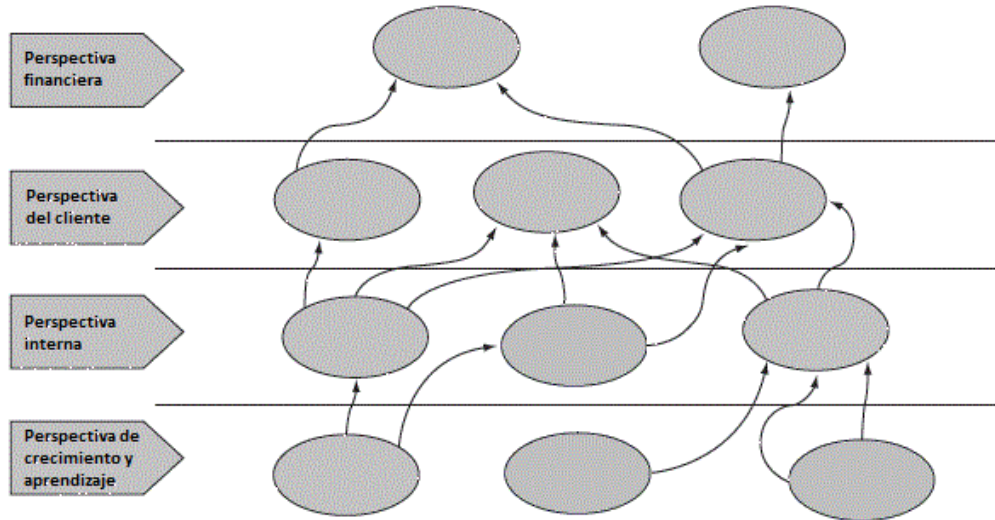


Figura 5.3. Mapa estratégico genérico.

Fuente: Elaboración propia Microsoft Paint 2016.

Indicadores

Los indicadores son instrumentos indispensables en los procesos de planificación y control, ya que permiten fiscalizar el cumplimiento de objetivos y la implementación exitosa de la estrategia. La importancia de los indicadores radica en el hecho de que sintetizan situaciones importantes y permiten estudiar su evolución en el tiempo.

Existen dos clases de indicadores: indicadores en adelanto (lead) y los indicadores en atraso (lag), los primeros miden el desempeño en los procesos que permiten alcanzar objetivos (por ejemplo, ventas, satisfacción de empleados) y los otros miden los efectos logrados y el grado de cumplimiento de las metas (horas invertidas en la atención del cliente, propuestas elaboradas).

De acuerdo con Vega (2014) es importante que el CMI contenga ambos tipos de indicadores ya que, si solamente se toman indicadores en atraso, se encargan de informar la situación de la organización, mas no contribuyen a lograr los resultados esperados.

5.4.Cuadro de Mando Integral para el Taller Electromecánico de INCOFER, Sector Pacífico.

El Cuadro de Mando Integral tiene como fin último impactar la gestión del departamento, a través del cumplimiento de objetivos que trazan la ruta a seguir para alcanzar las metas propuestas.

5.4.1. Metodología.

A continuación, se describe la metodología empleada para el desarrollo del Cuadro de Mando Integral:

- 1) Se identificaron la misión y la visión de la institución, ya que el departamento no tiene propios, se identificó el papel que juega el Taller Electromecánico en la realización del ideario organizacional. La misión y visión se pueden consultar en el primer capítulo de este documento.
- 2) Se realizó un análisis FODA para evaluar la situación interna y el contexto en el que se desenvuelve el Taller.
- 3) Se definieron los objetivos estratégicos, se basan en objetivos planteados por la Junta Directiva de la Institución en el año 2013.
- 4) Se identificaron los indicadores que podrán servir para fiscalizar el cumplimiento de los objetivos planteados.
- 5) Se definieron las metas para cada indicador.

- 6) Se dio origen a un manual de indicadores, que permite familiarizarse con los conceptos técnicos, la forma de calcularlos y como deben tratarse.
- 7) Por último, se realiza la propuesta de Cuadro de Mando Integral.

5.4.2. Análisis FODA.

En la tabla 5.1 se muestra el resultado del análisis FODA aplicado al Taller Electromecánico. Se recomienda realizar esta evaluación anualmente ya que permite verificar el avance obtenido y la actualización de los objetivos en aras de alcanzar un mantenimiento de clase mundial.

Tabla 5.1. Análisis FODA del Taller Electromecánico.

Fortalezas	Oportunidades
<p>F1. Parte del personal técnico con amplia experiencia.</p> <p>F2. Actitud responsable y entrega del personal.</p> <p>F3. Apoyo por parte de la gerencia.</p>	<p>O1. Capacitación del personal.</p> <p>O2. Implementación de un sistema computarizado para el manejo de la información de mantenimiento.</p> <p>O3. Mayor control de las actividades de mantenimiento.</p> <p>O4. Mejorar la disponibilidad de los equipos.</p>
Debilidades	Amenazas
<p>D1. No hay una dirección estratégica clara.</p> <p>D2. Ineficaz monitoreo y control del mantenimiento.</p> <p>D3. Carencia de infraestructura, equipos y herramientas de calidad para realizar las tareas.</p> <p>D4. Alta carga de trabajo de los puestos de coordinación y supervisión.</p>	<p>A1. Recursos económicos limitados.</p> <p>A2. Resistencia a la adopción de nuevas metodologías.</p> <p>A3. Maquinaria con vida útil agotada y alto grado de obsolescencia.</p> <p>A4. Alta rotación del personal técnico.</p>

Fuente: Elaboración propia Microsoft Word 2016.

5.4.3. Definición de objetivos estratégicos.

El establecimiento de objetivos se realizó en función de los siguientes aspectos: la misión y la visión de la Institución y los resultados obtenidos del análisis FODA, esto en procura de aprovechar las fortalezas y emplear las oportunidades como apalancamiento para superar las debilidades y mitigar las amenazas.

Los objetivos se definieron sistemáticamente para cada perspectiva, empezando por la financiera, pasando por la perspectiva del cliente, la perspectiva de procesos internos y finalizando con la perspectiva de aprendizaje y crecimiento.

Perspectiva financiera

Se ha establecido como objetivo fundamental la optimización de los recursos de la institución asociados a la gestión del mantenimiento. Para tal fin se propuso lo siguiente:

- *Contribuir al equilibrio económico del servicio de transporte de pasajeros optimizando los recursos mediante la disminución de los trabajos por concepto de mantenimiento no planificado:* El servicio de transporte de pasajeros por si solo es deficitario, y el costo de mantenimiento del material rodante tiene un peso considerable en el presupuesto institucional. Mediante la disminución del mantenimiento no planificado se pretende generar un ahorro, el cual se puede emplear reforzando el mantenimiento planificado, y así disminuir la presión sobre el presupuesto de la Institución.

Perspectiva de los clientes

- *Garantizar la satisfacción de los clientes asegurando la continuidad y seguridad del servicio:* El Taller Electromecánico tiene cuota importante de responsabilidad en la calidad de los servicios de transporte público de pasajeros. Para retener y atraer usuarios es necesario brindar condiciones mínimas como capacidad de carga, estabilidad y seguridad del servicio.

Perspectiva de procesos internos

Como se reflejó en los resultados obtenidos de la aplicación de la norma COVENIN 2500-93 se identificó, que la planificación y la fiscalización del mantenimiento es deficiente. Asimismo, la maquinaria presenta vida útil agotada y un alto grado de obsolescencia.

Por lo que se propone la implementación de una metodología de mantenimiento que permita definir las tareas mínimas necesarias para restaurar la maquinaria.

- *Elaborar una estrategia que permita realizar al menos 70% de los trabajos de forma planificada para mejorar el nivel de servicio:* Mediante una estrategia de mantenimiento planificado se mejorará la eficiencia con la que se ejecutan las actividades, y así mitigar el deterioro progresivo de la maquinaria.
- *Implementar un plan de recuperación del parque ferroviario logrando una mejora en su mantenibilidad:* Dado el deterioro acumulado que presenta el equipo y alto grado de obsolescencia, mediante un plan de renovación se pretende reemplazar paulatinamente sus componentes más críticos por equivalentes modernos.

Perspectiva del aprendizaje y crecimiento

- *Capacitar al personal para una atención eficaz y oportuna de las actividades de mantenimiento:* La capacitación del personal es fundamental ya que permite a los colaboradores consolidar y adquirir conocimiento. Este es una herramienta que les permitirá tomar mejores decisiones en el trabajo que desempeñan, en aras de lograr la excelencia.
- *Minimizar el número de incapacidades causadas por accidentes laborales en el Taller Electromecánico:* Garantizar la seguridad de los colaboradores es una prioridad sin importar la industria, y esta tiene un impacto directo en la motivación del equipo de trabajo para el desarrollo de las actividades de mantenimiento correspondientes.

5.4.4. Mapa estratégico.

El mapa estratégico, como se ha descrito en apartados anteriores, tiene como objetivo mostrar de manera sencilla el plan de acción a seguir para el cumplimiento de los objetivos estratégicos planteados tomando como marco de referencia las cuatro perspectivas del CMI. El mapa muestra paso a paso las acciones y los efectos que se esperan que cumplan, para lograr la realización de lo planteado en la estrategia.

El método empleado para la elaboración del mapa estratégico fue definir las acciones y los efectos que estos causan en el siguiente orden, perspectiva de crecimiento y aprendizaje, perspectiva de procesos internos, perspectiva del cliente y por último la perspectiva financiera. Se tomó esta secuencia ya que es necesario realizar ajustes a lo interno para lograr cambios sobre el servicio que se presta y así obtener resultados. El mapa estratégico puede ser consultado en la sección de apéndice.

5.4.5. Indicadores de desempeño.

En esta sección se definen los indicadores empleados para evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos estratégicos planteados en el apartado anterior. Para definir los indicadores de desempeño fue necesario evaluar diferentes aspectos como: disponibilidad de información, responsables, frecuencia, entre otros. Asimismo, se recuperaron algunos indicadores definidos en el Plan Operativo Institucional para el año 2013.

Indicadores de la perspectiva financiera

Tabla 5.2. Indicadores de la perspectiva financiera

Perspectiva	Objetivo	Indicador
Financiera	Contribuir al equilibrio económico del servicio de transporte de pasajeros optimizando los recursos mediante la disminución de los trabajos por concepto de mantenimiento no planificado.	Costo de mantenimiento no planificado.
		Tiempo invertido en mantenimiento no planificado.
		Costo de mantenimiento por pasajero transportado.

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

- *Tiempo invertido en mantenimiento no planificado:* Este indicador tiene como objetivo estimar cual es el ahorro o las pérdidas generadas por concepto de paros en la prestación del servicio de transporte de pasajeros, provocados por alguna falla en el equipo. Actualmente, no se llevan registros del tiempo invertido en la atención de fallas.

$$TMNP = \frac{\textit{Tiempo muerto por falla mecánica}}{\textit{Tiempo total de operación}} \times 100$$

Ecuación 1. Tiempo invertido en mantenimiento no planificado

- *Costo de mantenimiento no planificado:* Por medio de este indicador se puede determinar el porcentaje de los costos totales de mantenimiento que corresponden a mantenimiento no planificado. Y así determinar la eficiencia de los programas de mantenimiento preventivo. Actualmente, no se llevan registros de cuanto se invierte en mantenimiento no planificado.

$$CMNP = \frac{\textit{Costo mantenimiento no planificado}}{\textit{Costo total de mantenimiento}} \times 100$$

Ecuación 2. Mantenimiento no planificado

- *Costo de mantenimiento por pasajero transportado:* Por medio de este indicador se mide el ahorro en el costo de mantenimiento del material rodante utilizado para el transporte de pasajeros, por cada pasajero movilizado. De modo que permite visualizar directamente el impacto de los costos de mantenimiento sobre los ingresos de la institución.

$$CMPP = \frac{\textit{Costo total de manetenimiento}}{\textit{Pasajeros transportados}}$$

Ecuación 3. Costo de mantenimiento por pasajero transportado

Indicadores de la perspectiva del cliente

Tabla 5.3. Indicadores de la perspectiva del cliente

Perspectiva	Objetivo	Indicador
Clientes	Garantizar la satisfacción de los clientes asegurando la continuidad y seguridad del servicio.	Tiempo medio entre fallas.
		Disponibilidad del material rodante.
		Accidentabilidad atribuible al mantenimiento del equipo.

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

- *Tiempo medio entre fallas:* Este indicador mide el tiempo que transcurre entre fallas. Es decir, es el tiempo promedio que algo funciona hasta que falla y necesita ser reparado.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}}$$

Ecuación 4. Tiempo medio entre fallas (MTBF)

- *Disponibilidad:* Este indicador tiene como objetivo medir la capacidad de un activo para realizar su función bajo condiciones dadas, en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo. Actualmente, la Institución realiza un cálculo de disponibilidad que no concuerda con la fórmula aceptada internacionalmente.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

Ecuación 5. Disponibilidad

Dónde:

D: Disponibilidad (%)

MTBF: Tiempo medio entre fallas o Mean Time Between Failures.

MTTR: Tiempo medio de reparación o Mean Time To Repair.

- *Accidentabilidad atribuible al mantenimiento del equipo:* Mediante este indicador se calcula la proporción de accidentes que se pueden atribuir a posibles fallas del material rodante.

$$\text{Accidentabilidad} = \frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Número de horas hombre laboradas}} \times 100$$

Ecuación 6. Accidentabilidad atribuible al mantenimiento del equipo

Indicadores de la perspectiva de procesos internos

Tabla 5.4. Indicadores de la perspectiva de procesos internos

Perspectiva	Objetivo	Indicador
Procesos internos	Elaborar una estrategia que permita realizar al menos 70% de los trabajos de forma planificada para mejorar el nivel de servicio.	Horas invertidas en la planificación de trabajos.
		Cumplimiento del mantenimiento planificado.
	Implementar un plan de recuperación del parque ferroviario logrando una mejora en su mantenibilidad.	Número de unidades mejoradas.
		Tiempo medio de reparación.

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

- *Horas invertidas en la planificación de trabajos:* Este indicador mide el tiempo que se invierte en la planificación de los trabajos de mantenimiento del Taller Electromecánico, con respecto al tiempo laboral del Jefe de Taller. Se propone una frecuencia semanal, ya que así se pueden realizar ajustes con mayor celeridad.

$$Planificación = \frac{Horas\ invertidas\ en\ planificación}{Número\ de\ horas\ hombre\ laboradas} \times 100$$

Ecuación 7. Horas invertidas en la planificación de trabajos

- *Cumplimiento del mantenimiento planificado:* El indicador mide el porcentaje de órdenes de trabajo de mantenimiento planificado cerradas, en función del total de órdenes de trabajo de mantenimiento planificado emitidas. Al igual que el indicador anterior, se recomienda una frecuencia semanal.

$$CMP = \frac{O.T.\ mantenimiento\ planificado\ cerradas}{Total\ O.T.\ mantenimiento\ planificado} \times 100$$

Ecuación 8. Cumplimiento del mantenimiento planificado

- *Número de unidades mejoradas:* El indicador pretende llevar control del número de equipos (coches de pasajeros, coches autopropulsados y locomotoras) cuya vida útil se agotó, y que se someten a procesos de renovación, entiéndase reconstrucción parcial o total de sus sistemas. Se propone una frecuencia anual para este indicador.

- *Tiempo medio de reparación:* Este indicador describe la relación entre el tiempo total que se requiere para poner a funcionar una máquina después de que ha presentado una avería, y el número total de fallas reportadas en esos equipos en un determinado período de tiempo.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

Ecuación 9. Tiempo medio de reparación

Indicadores de la perspectiva del aprendizaje y el crecimiento

Tabla 5.5. Indicadores de la perspectiva del aprendizaje y crecimiento

Perspectiva	Objetivo	Indicador
Aprendizaje y crecimiento	Capacitar al personal para una atención eficaz y oportuna de las actividades de mantenimiento.	Tiempo invertido en capacitaciones.
		Nivel de satisfacción de los colaboradores.
	Minimizar el número de incapacidades causadas por accidentes laborales en el Taller Electromecánico.	Número de actos inseguros.
		Número de accidentes.

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

- *Tiempo invertido en capacitaciones:* Este indicador representa las horas de formación que reciben los colaboradores del Taller Electromecánico anualmente. Es necesario llevar un control del tiempo invertido en capacitaciones.

- *Nivel de satisfacción de los colaboradores:* Este indicador muestra la proporción de colaboradores satisfechos con respecto al total. Para determinar si los miembros del equipo de trabajo están satisfechos o no, es necesario aplicar encuestas. Se propone realizar una evaluación anualmente.

$$\text{Nivel de satisfacción} = \frac{\text{Colaboradores satisfechos}}{\text{Total de encuestas}} \times 100$$

Ecuación 10. Nivel de satisfacción de los colaboradores

- *Número de actos inseguros:* Este indicador representa el número de actos inseguros cometidos por los colaboradores del Taller Electromecánico y reportados por los coordinadores o algún otro, en un período de tiempo determinado.

$$\text{Número de actos inseguros} = \frac{\text{Cantidad actos inseguros}}{\text{Tiempo}}$$

Ecuación 11. Número de actos inseguros

- *Número de accidentes:* Este indicador representa el número de accidentes sufridos por los colaboradores del Taller Electromecánico y reportados por los coordinadores o algún otro, en un período de tiempo determinado.

$$\text{Número de actos inseguros} = \frac{\text{Cantidad accidentes}}{\text{Tiempo}}$$

Ecuación 12. Número de accidentes

5.4.6. Codificación de los indicadores de desempeño.

Es necesario definir una codificación para los indicadores, de tal forma que se facilite la identificación de los mismos por parte del personal del departamento y así evitar que se alimente con información incorrectamente en el Cuadro de Mando Integral.

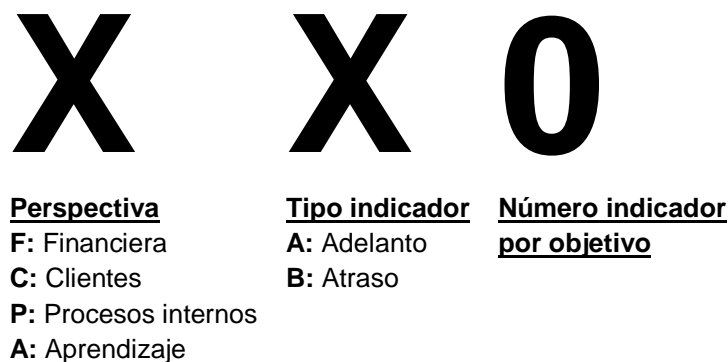


Figura 5.4. Codificación de los indicadores de desempeño.

Fuente: Elaboración propia Microsoft Word 2016.

En el código se especifica si el indicador es en adelanto o atraso, esto para comprender la naturaleza del indicador y comprender sus alcances y limitaciones.

5.4.7. Grado de cumplimiento de las metas.

Es necesario establecer parámetros de referencia en cuanto al cumplimiento de metas se refiere. A través de un código de colores se identificaron los límites inferiores y superiores para que se comprenda de forma sencilla que tan lejos o que tan cerca se encuentra el equipo de trabajo de cumplir con los objetivos estratégicos propuestos.

El establecimiento de los límites debe obedecer a las necesidades reales de la organización, deben ser alcanzables, pero, a la vez que signifiquen un reto para los responsables, de ese modo se implanta el proceso de mejora continua. Los rangos para cada indicador se pueden consultar en la matriz completa en el apéndice.

Grado de cumplimiento
Satisfactorio
Aceptable
Deficiente

Figura 5.5. Código de colores para identificar el grado de cumplimiento de metas.

Fuente: Elaboración propia Microsoft Word 2016.

5.4.8. Cuadro de Mando Integral.

El Cuadro de Mando Integral se puede consultar en la sección de apéndice, no se elaboró una calculadora de los índices debido a que esto no tiene valor agregado para el trabajo, ya que la institución tiene en marcha un proyecto de digitalización de la información y se está desarrollando un software para tal fin.

Asimismo, es importante hacer la salvedad que los responsables mencionados en el CMI corresponden a la estructura organizacional vigente en INCOFER, ya que la institución pretende implementar en mediano plazo una reestructuración. El organigrama correspondiente se puede consultar en la sección de anexos.

Capítulo 6. Estrategia de mantenimiento.

6.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad o Reliability Centered Maintenance (RCM), fue desarrollado para la industria de la aviación civil durante la década de los 60 y 70 del siglo pasado.

El proceso permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico. La técnica ha sido empleada en diferentes industrias para determinar las tareas de mantenimiento de sus equipos, entre ellas se pueden mencionar: la industria minera, generación eléctrica, petróleo y derivados, metalmecánica, entre otros.

La norma SAE JA1011 especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder ser denominado un proceso RCM. De acuerdo con esta norma las siete preguntas básicas del proceso RCM son:

- 1) ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?

El análisis RCM comienza con la identificación de las funciones que se espera que el equipo realice y determinar si este es capaz de ejecutarlas bajo un determinado contexto operacional.

De modo, que las funciones se clasifican como principales y secundarias, las primeras corresponden a las tareas que justifican el porqué de la compra del equipo, y las segundas son las que se espera que el equipo cubra además de sus funciones principales.

2) ¿Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?

Las fallas funcionales o estados de falla se definen como la condición que impide a un equipo cumplir con sus funciones total o parcialmente. El RCM permite un análisis estructurado de la falla, esto se realiza en dos niveles, mediante la identificación de las causas que llevaron a la avería y la evaluación de qué eventos provocó el desperfecto.

3) ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?

Un modo de falla es una posible causa por la cual un equipo puede llegar a un estado de avería. Los modos de falla se extraen de los historiales de mantenimiento para identificar desperfectos sufridos por el equipo, asimismo se obtienen de los programas de preventivo.

Para abarcar la mayor cantidad posible de modos de falla, es preciso incluir las averías provocadas por errores de operación, tareas de mantenimiento y diseño.

4) ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?

Para cada modo de falla deben indicarse los efectos asociados. El “efecto de falla” es una breve descripción de qué pasa cuando se presenta una avería y de qué modo esta representa una amenaza para la seguridad, medio ambiente y producción.

5) ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?

La falla de un equipo puede afectar a sus usuarios de distintas formas, poniendo en riesgo la seguridad de las personas, afectando al medio ambiente, incrementando los costos o reduciendo el beneficio económico de la empresa.

En este punto el análisis RCM bifurca en esta etapa el tratamiento que se le da a cada modo de falla, ahora este es función de la gravedad de las consecuencias que podría generar. El criterio a seguir para evaluar tareas de mantenimiento es distinto si las consecuencias de falla son distintas.

6) ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?

El proceso de evaluación en este punto discrimina las tareas de mantenimiento que crean valor agregado a la gestión, de las que son contra-productivas y sólo aumentan los costos. No todas las fallas deben ser prevenidas, y de este concepto el RCM define tareas proactivas y tareas reactivas.

7) ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada?

En caso de que se establezca que no es necesario definir una tarea proactiva, el RCM define como tareas a falta de preventivo, el rediseño del equipo o esperar a que la falla ocurra y repararla inmediatamente.

6.2.Optimización del mantenimiento planeado.

De acuerdo con Mora (2009), el Planned Maintenance Optimisation (PMO) u Optimización del Mantenimiento Planificado, es una metodología basada en el largo plazo y que trata el mantenimiento como un proceso y no como una función o división dentro de la empresa.

Es una alternativa donde por su complejidad, no se ha logrado implementar bien el RCM. El RCM es recomendado en equipos o máquinas nuevas o que inician en una planta. Por otro lado, el PMO es ideal para equipos o máquinas en funcionamiento.

En general, pretende mejorar la confiabilidad, la mantenibilidad y reducir las horas de trabajo necesarias para atender las necesidades del mantenimiento.

Un pilar fundamental de PMO es el buen manejo de la información en los aspectos de recolección, el manejo y la obtención en tiempo real. Es necesaria información de calidad, para determinar los análisis de fallas en el nivel de función, falla funcional, modos de falla, efectos y consecuencias de ellas.

La eficacia del PMO radica en los sistemas de gestión y operación del mantenimiento, bajo un enfoque de proceso, lo cual garantiza que no hay dualidad de funciones en los departamentos, metas comunes, grupos poco efectivos de trabajo, muchos roles y funciones en el personal de mantenimiento y producción, mucha especialización en la realización de los análisis, control y eliminación de fallas, entre otros.

La columna vertebral del PMO son el tratamiento y el análisis estadístico de la información histórica y presente, de modo que es indispensable que la información se maneje de forma eficiente. El PMO es un proceso continuo de revisión de y monitoreo de todas las actividades relevantes de mantenimiento.

Un análisis debe cumplir un proceso para poder ser denominado un proceso PMO. De acuerdo con este modelo las siete preguntas básicas del proceso PMO son:

- 1) ¿Qué tareas de mantenimiento se llevan a cabo por parte del personal de mantenimiento y operaciones?

Inicia recopilando o documentando el programa de mantenimiento existente (formal o informal) y subiéndolo a una base de datos. Es importante entender que el mantenimiento lo realiza un grupo amplio de personas, incluyendo los operadores.

También es muy importante entender que en la mayoría de organizaciones el mantenimiento preventivo (PM) se hace por iniciativa propia de los técnicos o de los operadores y no existe documentación formal; cuando esta situación se presenta simplemente se debe documentar lo que el personal ya ha estado haciendo. Es muy común que las organizaciones de mantenimiento tengan algún tipo de PM, ya sea formal o informal; es raro encontrar organizaciones que no tengan ningún tipo de PM.

2) ¿Cuáles son los modos de falla asociados a una inspección de la planta?

Consiste en determinar cuál es el modo de falla que cada tarea en el plan actual de mantenimiento está programada a atacar y qué otras fallas que se han presentado en el pasado que no se han listado o que no han ocurrido, pero en caso de ocurrir pueden tener consecuencias peligrosas.

3) ¿Qué funciones se perderían si cada modo de falla se presentara de forma inesperada?

La función que se pierde con cada falla se puede determinar en este paso. Este punto es opcional y se justifica en caso de que se deban realizar análisis a equipos bastantes críticos o muy complejos, en donde es esencial el entendimiento detallado de todas las funciones del equipo para el aseguramiento de un programa de mantenimiento sólido. Para aquellos equipos poco crítico o sistemas simples, la identificación de las funciones agrega tiempo y costo, más no beneficios tangibles.

4) ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla (efectos de falla)?

5) ¿En qué forma afecta cada falla (consecuencia de falla)?

- 6) ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas y su frecuencia)?
- 7) ¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva no previene la falla (acciones por omisión)?

6.3. Análisis de criticidad como método de jerarquización.

De acuerdo con García (2003), no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un tipo de mantenimiento (por ejemplo, correctivo, preventivo, entre otros). Cada equipo funge un rol distinto en el quehacer de la empresa, y tiene características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de otros equipos similares.

Si se desea optimizar, es necesario tener en cuenta toda una serie de factores, como el coste de parada de producción, su influencia en la seguridad, el coste de reparación, entre otros, que determinarán las tareas de mantenimiento más convenientes para cada equipo.

Desde ese punto de vista, es necesario estudiar cada una de las máquinas que intervienen en el trabajo de la empresa con cierto nivel de detalle, para determinar en dónde se deben enfocar las inversiones.

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar activos en función de su relevancia, y así determinar sobre cuáles de ellos vale la pena invertir recursos económicos, humanos y tecnológicos. Mediante este tipo de evaluación se puede determinar la importancia y las consecuencias de posibles fallas en los equipos dentro del contexto en el que se desenvuelven.

6.3.1. Análisis de criticidad de los equipos atendidos por el Taller Electromecánico, división Pacífico.

Para definir una estrategia de mantenimiento adecuada es necesario identificar los equipos que son atendidos por el Taller Electromecánico y la influencia que tiene cada uno de ellos en el servicio de transporte público de pasajeros brindado en la GAM, debido a que no todas las máquinas se emplean para tal fin.

La metodología empleada para evaluar la criticidad de los equipos del Taller Electromecánico con los que se van a trabajar en este proyecto fue la siguiente:

- 1) Se identificó a qué unidad administrativa pertenece cada equipo (mantenimiento de vías, transporte o servicios generales).
- 2) Se definieron los aspectos en los que influyen los equipos, entiéndase ambientales, de seguridad, calidad del servicio, entre otros.
- 3) Una vez definidos los aspectos a evaluar, es necesario establecer una escala de medición para cuantificar el nivel de importancia de cada uno.
- 4) Se recolectó la información de los equipos, manuales, fichas de seguridad y los avalúos correspondientes.
- 5) Con la información recolectada, se evaluó cada máquina, para obtener como resultado final su criticidad.

Como se indicó anteriormente, se identificó a qué unidades administrativas pertenece cada equipo, a continuación se detalla cual es la función de cada una de ellas:

- Mantenimiento de vías: La unidad de mantenimiento de vías, es como su nombre lo indica la encargada de garantizar el buen estado de las vías férreas. Para lograrlo tiene asignado tanto equipo ferroviario como maquinaria especial, el cual se puede consultar en la sección de anexos.
- Servicios generales: La unidad de servicios generales es la encargada de gestionar el Almacén de San José y en consecuencia los insumos de trabajo, entre ellos los vehículos de carretera, entiéndase cabezales, camiones, entre otros. Los equipos administrados por Servicios Generales se prestan por tiempo limitado a la unidad administrativa que así lo solicite. En la sección de anexos se enlistan los equipos que tiene asignados.
- Transporte: La unidad de transporte es la encargada de la organización de los servicios de transporte de pasajeros, de modo que tiene asignado todo el equipo ferroviario para el transporte personas, el cual se puede consultar en la sección de anexos. Es importante aclarar que las maquinas no están asignadas a una ruta ni horario en específico, las rotaciones son frecuentes.

A continuación, se detallan los aspectos definidos para evaluar la criticidad de los equipos, a cada rubro se le asignó una letra a modo de código, de tal forma que cuando se realice la tabla de criticidad se facilite la comprensión de la misma y sea lo más compacta posible.

Tabla 6.1. Criterios de evaluación

Criterios a evaluar		Definición
A	Impacto en la seguridad	Medida en que una falla provoca la exposición a riesgos en la salud e higiene ocupacional, tanto a los colaboradores como a los usuarios y a la comunidad.
B	Impacto en el medio ambiente	Medida en que una falla produce emanaciones de gases, partículas en suspensión, derrames químicos, contaminación de todo tipo de aguas y a la tierra.
C	Impacto en la totalidad del servicio	Medida en que su falla provoca el riesgo de una suspensión total del servicio.
D	Impacto en el servicio por ruta	Medida en que su falla provoca el riesgo de una suspensión total del servicio en la ruta donde se encuentre operando este equipo.
E	Impacto en la integridad de otros equipos	Medida en que por su inadecuada operación repercute en daños a otros equipos o infraestructura.
F	Impacto en la calidad del servicio	Provoca una alteración directa en la calidad de los servicios, no cumpliéndose los parámetros de calidad establecidos.
G	Valor económico	Precio de la maquinaria.
H	Dificultad de adquisición de repuestos	Su disponibilidad de repuestos no es inmediata y la importación del equipo o instalación requiere de un tiempo prolongado.

Fuente: Proporcionado por el Ing. Carlos Piedra Santamaría (2017).

Como se mencionó anteriormente, se definió una escala que oscila entre 0 y 3, donde 0 es un valor mínimo, es decir sin ningún efecto en el aspecto evaluado y 3 es un valor máximo, entiéndase que dicha categoría es crítica. Si la suma de todos los aspectos es mayor o igual que 12, entonces se considera que el equipo es crítico, en caso contrario, no lo es.

Asimismo, se considera que un equipo es crítico si cumplen con los criterios indicados a continuación:

- 1) Si la puntuación es igual a 3 en el criterio de impacto en la totalidad del servicio o impacto en el servicio por ruta.
- 2) Si la puntuación es igual o mayor a 2 en el criterio de impacto en la calidad del servicio.

Tabla 6.2. Impacto en la seguridad y el medio ambiente

Puntaje	Impacto en la seguridad	Impacto en el ambiente
3	Riesgos en la salud, muerte o incapacidad total, daños severos o enfermedades en uno o más colaboradores o usuarios.	Daños permanentes al medio ambiente, incumpliendo leyes ambientales o regulaciones establecidas.
2	Incapacidad parcial permanente, heridas severas, por lo que se requiere suspensión laboral.	Daños reversibles al medio ambiente, pero no se violan leyes ambientales.
1	Si el personal requiere tratamiento médico, presenta heridas leves.	Mínimo daño al ambiente.
0	No se esperan daños relevantes.	No provoca daños al ambiente.

Fuente: Formato adaptado y basado en el de la Ing. Karla Vega Vindas (2014).

Tabla 6.3. Impacto en la totalidad del servicio, impacto en el servicio por ruta e impacto en la calidad del servicio

Puntaje	Impacto en la totalidad del servicio	Impacto en el servicio por ruta	Impacto en la calidad del servicio
3	Provoca una interrupción total del servicio.	Provoca una interrupción total en una ruta específica.	Impacta directamente la calidad del servicio.
2	Provoca una interrupción parcial del servicio.	Provoca una interrupción parcial en una ruta específica.	Impacta indirectamente la calidad del servicio.
1	Provoca un impacto, pero no hay interrupción del servicio.	Provoca un impacto, pero no hay interrupción en una ruta específica.	Impacto leve en la calidad del servicio.
0	No hay impacto en la totalidad del servicio.	No hay impacto en una ruta en específico.	No tiene impacto en la calidad del servicio.

Tabla 6.4. Dificultad de adquisición de repuestos, valor económico e impacto en la integridad de otros equipos

Puntaje	Dificultad de adquisición de repuestos	Valor económico ¹	Impacto en la integridad de otros equipos
3	Son de alto costo, dificultad de obtenerlos con respuesta inmediata.	Valor del equipo > ₡45 millones.	Su falla daña a otros equipos.
2	Son de alto costo, pero se adquieren fácilmente de ser necesario.	₡45 millones ≥ Valor del equipo > ₡15 millones.	Su falla puede dañar parcialmente a otros equipos.
1	Son de bajo costo y se adquieren fácilmente.	₡15 millones ≥ Valor del equipo > ₡5 millones.	Su falla podría eventualmente afectar la integridad de otros equipos.
0	No existe dificultad para adquirirlos.	₡5 millones > Valor del equipo.	No hay impacto en la integridad de otros equipos.

Fuente: Formato adaptado y basado en el de la Ing. Karla Vega Vindas (2014).

¹Se tomó como referencia el avalúo de maquinaria realizado por el CICAP en el año 2015.

La tabla de criticidad contiene las categorías definidas en la tabla 6.1, donde a cada categoría se le asignó un valor de acuerdo a la escala definida en las tablas 6.2, 6.3, 6.4, la tabla que se muestra a continuación es un fragmento de la tabla completa, la tabla completa se puede consultar en el apéndice.

Tabla 6.5. Tabla de criticidad (fragmento) del equipo asignado a la Unidad de Transporte

Tipo de máquina	Código	Región	Criterio								Σ	Clasificación
			A	B	C	D	E	F	G	H		
Caboose	214	Pacífico	3	0	0	1	1	0	0	1	6	No crítico
Coche autopropulsado	2454	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	300A	GAM	3	1	2	3	3	3	1	3	19	Crítico
Coche pasajeros	110	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	111	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Locomotora	15	Pacífico	1	1	1	2	3	1	0	2	11	No crítico
Locomotora	81	GAM	3	1	2	3	3	3	1	2	18	Crítico
Locomotora	84	GAM	3	1	2	3	3	3	1	2	18	Crítico

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel 2016).

De la evaluación de criticidad se concluye que la unidad de Transporte es la que agrupa la mayor cantidad de equipo clasificado como crítico, esto debido a que incide de forma directa en la prestación del servicio de transporte de pasajeros. Esto se refleja en el hecho de que los coches autopropulsados, los coches de pasajeros y las locomotoras tienen puntajes iguales o superiores a 2 en la categoría de impacto en la calidad del servicio.

En el caso de los coches autopropulsados y las locomotoras, son los equipos que presentan un mayor grado de criticidad, ya que además de incidir de forma significativa en la totalidad del servicio, tienen un peso importante en otras categorías con calificaciones que oscilan entre los 16 y 21 puntos.

La unidad de Mantenimiento de Vía es la segunda en cantidad de equipos clasificados como críticos, entre ellos se encuentran las locomotoras empleadas para tirar trenes de trabajo y el equipo especial para el mantenimiento de vía férrea como, calzadoras, grúas y niveladoras de balastro.

En general, los equipos catalogados como críticos, pertenecientes a la unidad de Mantenimiento de Vías, tienen un impacto considerable en la calidad del servicio, sin embargo, su peso, en otras categorías, no es importante, en comparación con los equipos de la unidad de Transportes, sus calificaciones oscilan entre los 9 y 15 puntos.

Por otro lado, entre la maquinaria que es administrada por la unidad de Servicios Generales no hay ninguna clasificada como crítica, esto debido a que en su mayoría se emplea para el traslado de personal o transporte de materiales, de modo que no tiene mayor impacto sobre los servicios brindados por la institución.

En función del análisis de criticidad, se establece que para fines de este proyecto se procede a realizar el plan de mantenimiento para los coches autopropulsados ya que son los que tienen mayor nivel de criticidad.

6.4.Estrategia de mantenimiento propuesta para el Taller Electromecánico de INCOFER, División Pacífico.

En vista de que el equipo tractivo está compuesto de múltiples sistemas que se interrelacionan y cuyo grado de complejidad es considerable, no resulta práctico por razones de tiempo realizar una evaluación RCM debido a su rigidez. Actualmente se cuenta con documentación técnica y los manuales de mantenimiento empleados por el dueño original de los equipos (FEVE).

Sin embargo, los manuales necesitan ser revisados ya que las máquinas cuentan con sistemas que, debido a las condiciones climáticas de Costa Rica y el presupuesto con el que cuenta la institución han sido dados de baja ya que no afectan la función principal del equipo.

La estrategia seleccionada para la depuración de los manuales de mantenimiento es la PMO, ya que se enfoca en la optimización del mantenimiento existente. El PMO es un proceso de revisión y de racionalización, lo que significa que muchas de las tareas ya existentes pueden ser modificadas.

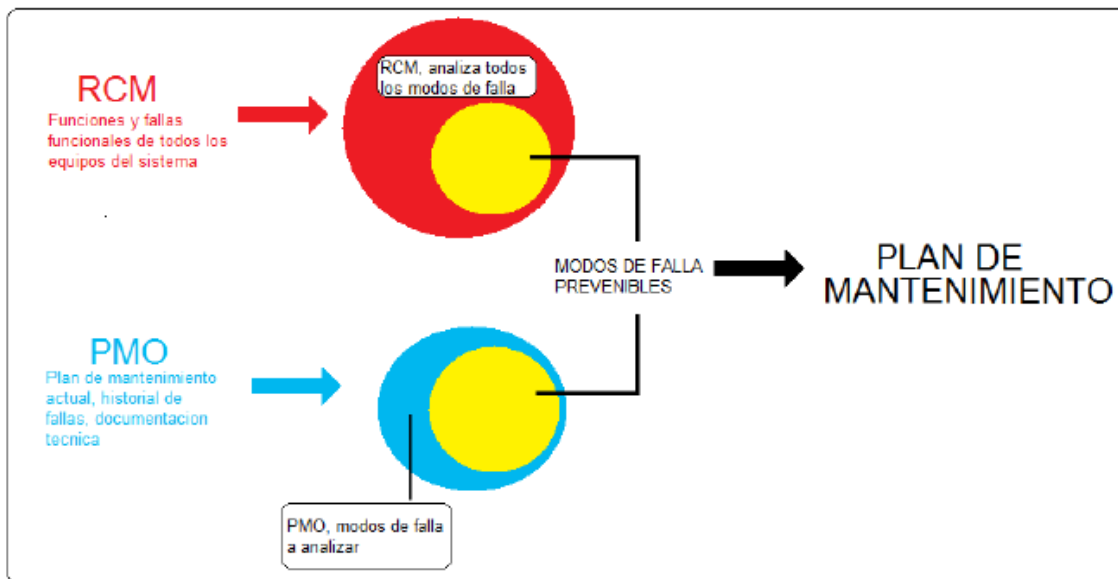


Figura 6.1. Creación de un plan de mantenimiento desde la perspectiva del RCM y del PMO.

Fuente: Turner, S. (2009). *OMCS Latinoamérica, optimización del plan de mantenimiento.*

6.5.Evaluación PMO para el equipo tractivo (coches autopropulsados).

De acuerdo con Turner (2009) el proceso para la elaboración de un análisis PMO consta de nueve pasos:

- **Paso 1:** Recopilación de tareas, consiste en recolectar o documentar el programa de mantenimiento existente (formal o informal). Es fundamental comprender que el mantenimiento es producto del trabajo de un amplio grupo de personas, incluyendo operadores.
- **Paso2:** Análisis de modos de falla (FMA), es necesario involucrar al personal de la organización, para identificar en qué modos de falla están enfocadas las tareas de mantenimiento.
- **Paso 3:** Racionalización y revisión del FMA, la información se ordena por modos de falla para identificar tareas duplicadas. Asimismo, el equipo de trabajo revisa los modos de falla resultado del análisis del paso anterior y agrega aquellos modos de falla faltantes.
- **Paso 4:** Análisis funcional, se indica la función que se pierde con cada falla, este paso es opcional y se justifica en caso de que se deban realizar análisis a equipos críticos o muy complejos, en donde es necesario un entendimiento detallado de todas las funciones del equipo para asegurar un programa de mantenimiento sólido.
- **Paso 5:** Evaluación de consecuencias, cada modo de falla es analizado para determinar si las fallas son “ocultas” o “evidentes”. Para aquellas fallas evidentes se realiza un análisis de riesgos y consecuencias operacionales.

- **Paso 6:** Definición de la política de mantenimiento, en este paso cada modo de falla se analiza bajo los principios del RCM y se establecen las políticas nuevas o revisadas de mantenimiento.
- **Paso 7:** Agrupación y revisión, una vez finalizado el análisis de tareas el equipo de trabajo establece el método más eficiente y efectivo para administrar el mantenimiento de los activos tomando en cuenta limitantes de producción, entre otros.
- **Paso 8:** Aprobación e implementación, el análisis se presenta a gerencia para su revisión y comentarios.
- **Paso 9:** Programa dinámico, el plan se consolida y se toma control del proceso, cuando se reemplaza el mantenimiento reactivo por uno planeado. De este punto en adelante el mejoramiento puede acelerarse fácilmente y los recursos liberados pueden enfocarse a corregir defectos de diseño o limitaciones inherentes a la operación.

6.5.1.Paso 1, recopilación de tareas.

En este paso se recolectó la información del equipo bajo estudio, manuales, catálogos y planes del mantenimiento del anterior dueño del equipo, la compañía española FEVE. Se consultó a los técnicos si poseían información adicional, ya que una parte considerable de la documentación está bajo su custodia.

Asimismo, si bien es cierto que durante la evaluación COVENIN 2500-93 se detectó un débil control de las fallas que se presentan, debido al pobre diseño de los formatos para la recolección de datos, también se rescató esta información.

6.5.2.Paso 2, análisis de modos de falla.

Para esta etapa del análisis se conformó un pequeño grupo de trabajo integrado por un técnico electricista, un técnico en neumática y el asistente del jefe de mantenimiento. Como punto de partida se tomó el manual de mantenimiento facilitado por FEVE.

Para presentar el análisis de la forma más compacta posible se define en la tabla 6.6 la codificación para las diferentes especialidades técnicas de taller.

Tabla 6.6. Codificación de especialidades técnicas

Código	Descripción
D	Técnico en mecánica diésel
E	Técnico en electricista
N	Técnico en neumática
M	Técnico en metalmecánica

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Word 2016.

Se conformó una tabla que contiene las tareas del plan de mantenimiento, la frecuencia que tienen asignadas actualmente, qué técnico es el encargado y los modos de falla al que están enfocadas cada una de las tareas. Es importante aclarar, que el plan de mantenimiento nunca se ha implementado en la Institución, y por tal razón es que se utilizará la codificación definida anteriormente.

Posteriormente, se definirá una codificación para clasificar cada tarea de mantenimiento de acuerdo al sub-sistema al que presta atención.

Tabla 6.7. Análisis de modos de falla (fragmento).

No.	Tarea	Frecuencia	Responsable	Modo de falla
1	Comprobar funcionamiento y de ser necesario nivelar acoples tipo Scharfenberg.	20 000 km	M	Acople no engancha.
2	Engrasar acoples tipo Scharfenberg.	20 000 km	M	Acople trabado.
3	Inspección visual acoples Scharfenberg.	60 000 km	M	Presencia de fisuras o deformaciones en acoples.
4	Limpieza acoples Scharfenberg.	20 000 km	M	Acople trabado.
5	Verificar apriete en tornillos de semi-bridadas del enganche intermedio.	20 000 km	M	Desacoplamiento de vehículos.
6	Comprobar ausencia de fisuras y deformaciones en bastidor de carretillos.	120 000 km	M	Bastidor fracturado o torcido.
7	Comprobar engrase de corona de giro del bastidor de carretillo.	120 000 km	M	Degaste en corona de bastidor de carretillo.

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Word 2016.

6.5.3.Paso 3, revisión y racionalización del FMA.

La siguiente etapa consistió en agrupar las tareas de acuerdo a su modo de falla y al sistema en el que se enfocan, esto con la finalidad de identificar posibles duplicidades en las actividades de mantenimiento del plan vigente.

Como se puede apreciar en la tabla 6.8, se tienen tres actividades, que poseen el mismo modo de falla, “*compresor funciona de manera ininterrumpida*”, esto implica la presencia de fugas en alguna parte del sistema, debido a la construcción de la máquina, la presión en la TGA (Tubería General de Aire) es igual a la presión en ambos carretillos y la caída de presión es despreciable.

Tabla 6.8. Revisión y racionalización del FMA (fragmento).

No.	Tarea	Frecuencia	Responsable	Modo de falla
9	Revisar presión de aire en carretillo motor.	20 000 km	N	Compresor funciona de manera ininterrumpida.
10	Revisar presión de aire en carretillo portante.	20 000 km	N	Compresor funciona de manera ininterrumpida.
61	Revisar presión de aire en la TGA.	20 000 km	N	Compresor funciona de manera ininterrumpida.

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Word 2016.

De modo que se concluye que en lugar de tener tres actividades diferentes para contrarrestar el mismo modo de falla (además no indica bajo qué parámetros se debe tomar la medición o realizar cada tarea), se puede resumir en una sola actividad de la siguiente forma: *“Con el sistema cargado, el compresor apagado, y los frenos aplicados al máximo, revisar que la caída de presión en la TGA, en un periodo de 15 minutos sea menor o igual que 0,8 bar”*, logrando el mismo efecto.

Como se mencionó anteriormente, se recolectó la información de los formatos llamados “Reporte de locomotoras”, en los cuales los maquinistas reportan los fallos que se presentaron durante el recorrido, esto con el fin de identificar modos de fallo adicionales y que no se contemplan en el plan de mantenimiento suministrado por FEVE. La información se puede consultar en la sección de anexos.

6.5.4.Paso 4, análisis funcional.

En esta etapa se describen las funciones que se ven afectadas por cada modo de falla, en caso de que la complejidad del proceso afectado así lo amerite, a continuación, se muestra algunos ejemplos.

Tabla 6.9. Análisis funcional (fragmento).

No.	Tarea	Responsable	Modo de falla	Función
18	Revisar nivel de electrolito de las baterías y de ser necesario rellenar.	N	No funciona freno dinámico.	El banco de baterías tiene entre sus funciones excitar los motores de tracción para permitir el frenado dinámico.
54	Revisar funcionamiento y correcta proyección de areneros.	N	Vehículo patina al subir pendientes.	El sistema de arenado tiene como función atenuar el patinaje de la unidad mediante la aplicación de una fina capa de arena sobre la cabeza del riel para aumentar la fricción entre las superficies (rueda-riel).
60	Revisar presión de aire en TFA.	N	Equipo aplica los frenos sin solicitarlo.	El apriete y afloje de los frenos es función de la presión en la TFA, cuando la presión se encuentra por debajo de 4,6 bar esto se traduce en el apriete de los frenos.

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Word 2016.

6.5.5.Paso 5, evaluación de consecuencias.

En este paso cada modo de falla fue evaluado para determinar las consecuencias, las cuales se clasifican en cuatro categorías, las cuales se describen en la tabla 6.10.

Tabla 6.10. Tipos de consecuencias.

Consecuencia	Descripción
Seguridad	Pone en riesgo la seguridad de las personas.
Medio ambiente	Afecta al medio ambiente.
Operacional	Incrementa los costos o reduce los beneficios económicos de la empresa.
No operacional	Ninguna de las anteriores.
Ninguna	No tienen ningún impacto cuando ocurren, salvo que posteriormente ocurra alguna otra falla.

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Word 2016.

6.5.6.Paso 6, definición de la política de mantenimiento.

En este punto, cada modo de falla se analizó bajo los principios del RCM y se establecieron las políticas nuevas o revisadas cumpliendo lo siguiente:

- Se eliminaron las tareas que no acarrear beneficios por un tema de costos o por el modo de falla que atacan, o por el hecho del que el sistema que atendían ya no es operativo debido a factores económicos o técnicos.
- Se identificaron tareas que serían más efectivas y menos costosas si fueran basadas en condición, en lugar de llevarlas a falla.
- En la medida de lo posible, se indicaron los parámetros bajo los cuales se debe desarrollar cada tarea, o en su defecto se remite a la documentación donde se especifica el procedimiento (en el caso de las actividades más complejas).

6.6. Manual de mantenimiento.

Para la elaboración del manual de mantenimiento se clasificaron las actividades en cinco categorías dependiendo del sub-sistema de la máquina en el que se enfocan.

- Sistema diésel.
- Sistema eléctrico de control.
- Sistema eléctrico de potencia.
- Sistema neumático.
- Súper estructura.

Esta clasificación obedece a que todo vehículo ferroviario sea de tracción o de arrastre, está compuesto por al menos dos de los sub-sistemas mencionados anteriormente (sistema neumático y superestructura), de tal modo que por cada uno de ellos se debe generar un manual de mantenimiento.

La codificación empleada en los manuales se detalla a continuación.

Tabla 6.11. Codificación de la periodicidad de las actividades de mantenimiento.

Código	Período
W	Semana
M	Mes
T	Trimestre
C	Cuatrimestre
S	Semestre
#A	Número de Años

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Word 2016.

La periodicidad y la duración de las tareas de mantenimiento se definieron basándose en la experiencia de los técnicos, manuales del fabricante, y el plan de mantenimiento del dueño anterior del equipo.

Se estimó con datos del sistema de geo-localización que, en promedio, cada coche autopropulsado recorre por mes aproximadamente 2 364 km en 222 h (información válida para los horarios vigentes hasta setiembre del 2017). Los valores anteriores se emplearon como base para convertir y expresar los periodos de inspección de los diferentes mecanismos bajo el mismo sistema de unidades.

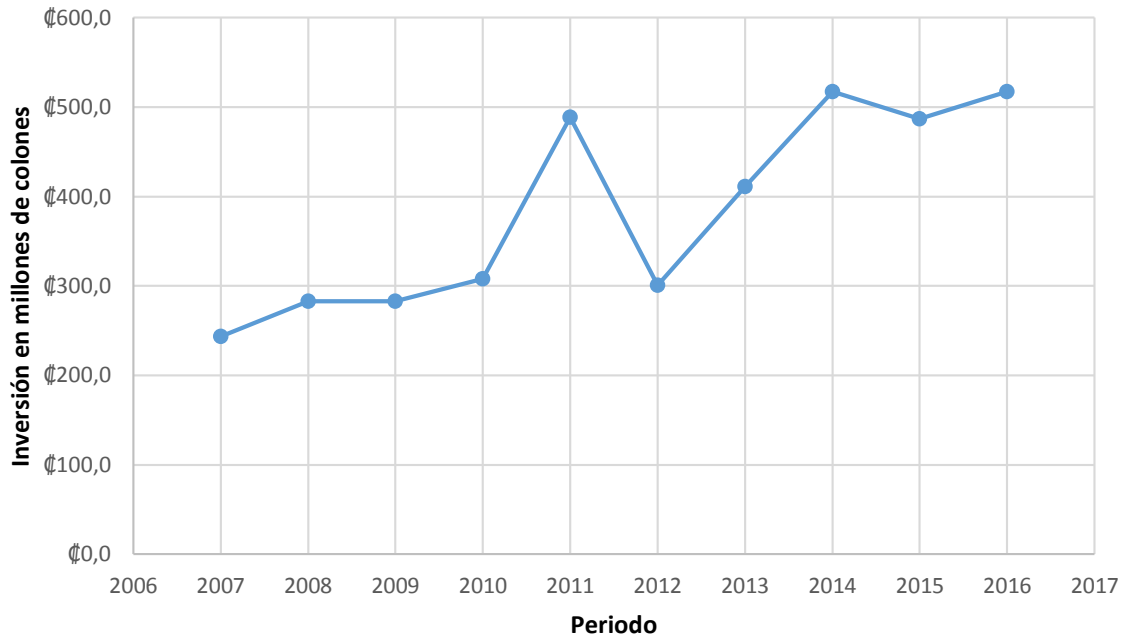
En caso de que se cambiara la frecuencia de los viajes o se añadieran rutas extra es necesario ajustar el periodo y la frecuencia de inspección. Los manuales de mantenimiento se pueden consultar en la sección de apéndice.

6.7. Costos de mantenimiento.

La información que se presenta en este apartado fue obtenida de la base de datos de la Contraloría General de la República (CGR) y de las solicitudes de compra del Taller Electromecánico (período 2015-2017). Los datos fueron depurados y organizados por el autor. Se contemplaron las inversiones hechas por medio de Contratación Directa y Licitación Abreviada.

Como sea mencionado en apartados anteriores y se evidenció mediante la evaluación a través de la Norma COVENIN 2500-93, no existe a lo interno de la organización una política de mantenimiento bien definida. La falta de planificación se refleja en la inversión en mantenimiento, la incorporación de equipo “nuevo” (2009, 2011 y 2013) no vino acompañada con una política estructurada para su manutención.

Gráfico 6.1. Inversión anual en mantenimiento para equipo de arrastre y tractivo, a nivel nacional (2007-2016).



Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel 2016.

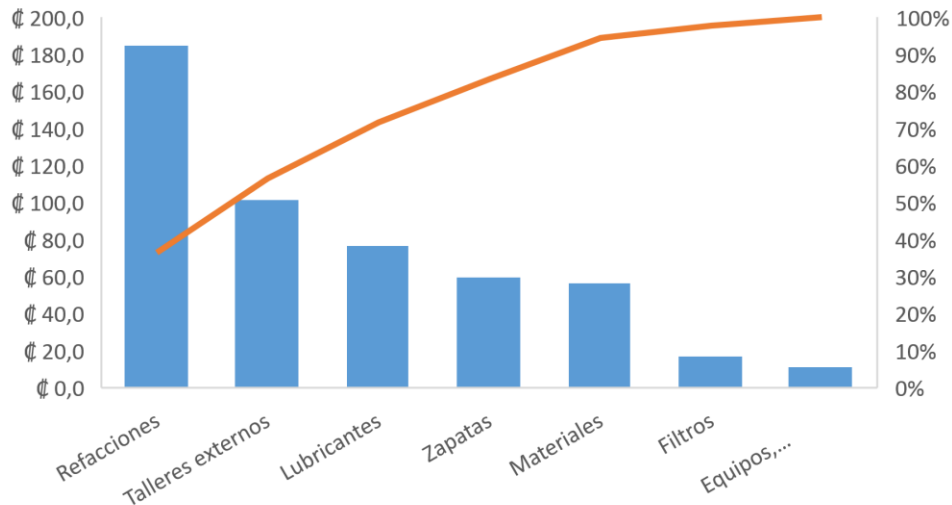
Para efectos de evaluación, se determinó el promedio anual de inversión para el período 2014-2016 ya que durante este lapso de tiempo se cumplen dos condiciones importantes:

El crecimiento del parque ferroviario se estancó, es decir, no se realizaron más compras de equipo, la última fue en el año 2013.

- 2) Todas las rutas existentes estaban activas, a excepción de San José-Alajuela que entró en operación en enero del 2017.

La inversión anual promedio para el período comprendido entre 2014-2016 es aproximadamente de ₡507 027 850, en el gráfico de abajo se puede apreciar cómo se distribuye la inversión.

Gráfico 6.2. Distribución de la inversión anual promedio en mantenimiento para equipo de arrastre y equipo tractivo a nivel nacional (2014-2016).

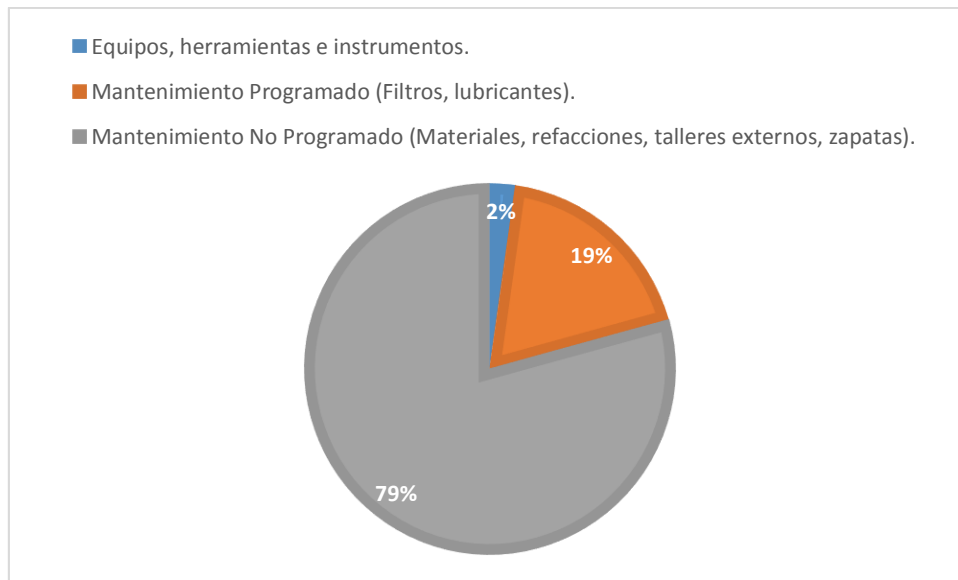


Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel 2016.

En el gráfico se pueden identificar insumos clave para el mantenimiento, entre ellos lubricantes, zapatas de freno y filtros. Sin embargo, el grueso de la inversión se centra en la compra de refacciones, la contratación a talleres externos y la compra de lubricantes.

Es importante recalcar que, de la totalidad de la inversión anual en mantenimiento, solamente la correspondiente a lubricantes y filtros tienen políticas mantenimiento planificado establecidas, pero con graves inconsistencias, tal y como se señaló capítulos anteriores.

Gráfico 6.3. Distribución de la inversión anual promedio en mantenimiento para equipo de arrastre y equipo tractivo a nivel nacional, período 2014-2016.



Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel 2016.

Del gráfico se infiere que un 19% de la inversión en mantenimiento para equipo de arrastre y equipo tractivo tiene una orientación clara.

6.7.1.Línea base de inversión anual

Con el fin de crear un punto de referencia, se definirá una línea base de inversión anual para el equipo ferroviario a partir de la información mostrada anteriormente. Se clasificaron cada una de las partidas presupuestarias en cuatro categorías en función del tipo de equipo al que se dirigía la inversión. Estas categorías son:

- Coches de pasajeros.
- Coches autopropulsados.
- Locomotoras.
- Otros vehículos ferroviarios (cabooses, carros planos y carros regadera).

A continuación, se calculó el promedio anual invertido por cada una de las categorías definidas anteriormente para el período comprendido entre el año 2014 y el 2016.

Tabla 6.12. Inversión promedio en mantenimiento para equipo de arrastre y equipo tractivo a nivel nacional (2014-2016).

Rubro	2014	2015	2016	Promedio
Coches de pasajeros	€11 167.205	€48 435 109	€5 966 400	€21 856 238
Coches autopropulsados	€192 365 983	€226 110 474	€144 510 515	€187 662 324
Locomotoras	€232 622 359	€130 443 729	€293 333 067	€218 799 718
Otros	€7 144 405	€39 402 749	€0,00	€15 515 718

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel 2016.

Por último se determina la línea base de inversión por cada una de las categorías definidas, dividiendo la inversión promedio en mantenimiento para equipo de arrastre y equipo ferroviario a nivel nacional, por el número de unidades que se encuentran operativas.

Tabla 6.13. Línea base de inversión para equipo de arrastre y equipo tractivo.

Clasificación	Cantidad	Inversión promedio	Línea base
Coches de pasajeros	24	₡21 856 238	₡910 677
Coches autopropulsados	24	₡187 662 324	₡7 819 264
Locomotoras	14	₡218 799 718	₡15 628 551
Otros	50	₡15 515 718	₡310 314

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel 2016.

No se contemplaron los salarios dentro del cálculo de línea base ya que no se cuenta con información del tiempo que se invierte en el mantenimiento de cada equipo, debido a la inexistencia de un sistema de órdenes de trabajo.

La línea base define un promedio de inversión anual por tipo de equipo, el cual se puede utilizar como referencia para establecer el plan de mantenimiento anual dentro del presupuesto disponible.

Esto no implica que la inversión sea excesiva, o al contrario insuficiente, pero es un buen marco de referencia para ordenar las finanzas del área de mantenimiento. Ya que, al definir un tope, se convierte en una necesidad identificar y planificar el mínimo número de actividades necesarias para alcanzar las metas planteadas a nivel organizacional. Permite orientar los recursos a donde realmente se necesitan.

6.7.2. Evaluación económica de la rutina de mantenimiento preventivo de los coches autopropulsados FEVE S2400.

En este apartado se desarrolla un breve cálculo del costo de implementar la rutina de mantenimiento preventivo propuesta en apartados anteriores. Los valores de los insumos necesarios para la implementación de la rutina fueron tomados de las solicitudes de compra del Taller Electromecánico correspondientes a los años 2016 y 2017.

Los técnicos que laboran en el Taller Electromecánico, como se describió en apartados anteriores, no son empleados directos de INCOFER, si no que laboran para una SAL.

De acuerdo con el Jefe de taller, a lo interno de la SAL no existen diferencias salariales, es decir, todos los técnicos ganan lo mismo, actualmente, la organización de mantenimiento tiene 28 técnicos a su servicio. A continuación, se presenta el monto promedio invertido por el concepto de servicios técnicos en el Sector Pacífico.

Tabla 6.14. Costo de mano de obra sub-contratada (SAL), período 2014-2016.

Rubro	2013	2014	2015	2016	Promedio
Monto	¢193 944 144	¢204 653 557	¢198 000 000	¢150 101 100	¢186 674 700

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel 2016.

De la información de la tabla 6.14 se concluye que el costo de una hora de mano de obra, de un técnico, sin importar su especialidad le cuesta a la institución aproximadamente ¢2778 (tomando en cuenta que se labora 8 horas al día, 6 días a la semana y 50 semanas al año).

La ejecución de la rutina de mantenimiento preventiva propuesta requiere de 8 460 minutos al año, de modo que esto se traduce en una inversión de ₡391 698 en mano de obra. Lo que representa un 3,35% de las horas laborales de los técnicos de la institución, de forma que se concluye que es viable su implementación. El plan anual (Gantt) se puede consultar en la sección de apéndices.

En cuanto a los materiales requeridos para la implementación de la rutina de mantenimiento preventivo, se identificaron los elementos básicos para poner en marcha el plan, por un tema de tiempo no se realizará énfasis en este sentido. La lista de materiales se puede consultar en la sección de apéndices.

En total se cuantificó que la rutina básica de preventivo requiere de ₡2 069 403 anuales de materiales y refacciones “menores”. En total material y mano de obra corresponden a ₡2 461 101 anuales.

Conclusiones.

- Se evaluó el Taller Electromecánico por medio de la herramienta COVENIN 2500-93, encontrando oportunidades de mejora, y se realizaron propuestas enfocadas en el fortalecimiento de las áreas más débiles de la organización de mantenimiento.
- A través de un Cuadro de Mando Integral se definió una estrategia que vincula los objetivos institucionales con los de la organización de mantenimiento, definiendo indicadores para fiscalizar el cumplimiento de las metas propuestas.
- Se elaboró un análisis de criticidad que permitió identificar que los coches de pasajeros, coches autopropulsados y locomotoras, eran los equipos adecuados para definir una línea base de inversión anual.
- A través de la metodología PMO, se depuró la rutina de mantenimiento preventivo de los coches autopropulsados FEVE S2400, eliminando tareas que no aportaban ningún beneficio económico o técnico, dejando únicamente las actividades mínimas necesarias para asegurar la disponibilidad de los activos; permitiendo la elaboración de los manuales de mantenimiento.

Recomendaciones.

- Implementar el uso de órdenes de trabajo para controlar los tiempos de ejecución de tareas y fiscalizar el uso que se le da a los insumos (lubricantes, materiales, refacciones, entre otros).
- Definir un programa de capacitación anual tanto para los técnicos como para el equipo de ingeniería, con el objetivo reforzar y consolidar el conocimiento técnico.
- Procesar la información recolectada mediante los formatos de reporte locomotoras, e incorporarla en la toma de decisiones.
- Continuar con la tropicalización de los planes de mantenimiento brindados por los fabricantes de los equipos por medio de la metodología PMO, a fin de ajustarlos al contexto operacional en el que se desenvuelven y a la realidad económica de la Institución.
- Calcular la línea base de inversión anual óptima para el resto de los equipos ferroviarios y de carretera, o bien definir período de reemplazo de los últimos.
- Asignar a los equipos ferroviarios a rutas específicas, de ese modo se podrá identificar de qué forma influyen las condiciones de la vía y volumen de pasajeros transportados en el mantenimiento de cada equipo.

Referencias bibliográficas.

- ARESEP (2008). Modelo de regulación económica del servicio de transporte remunerado de personas, modalidad ferrocarril. Y ajuste tarifario de oficio para el servicio de transporte de pasajeros modalidad ferrocarril urbano San Pedro-Pavas. Recuperado el 19 de junio de 2017 de: https://aresep.go.cr/tren/index.php?option=com_content&view=article&id=617&catid=62&Itemid=644
- Brigham, E.F. y Weston, F.J (1987). *Fundamentos de administración financiera (7. ° edición)*. Mc Graw Hill, México.
- Dixon, J. y Duffuaa, S.O., Raouf, A (2000). *Sistemas de mantenimiento, planeación y control*. Editorial Limusa S.A. de C.V., México D.F.
- García Garrido, S (2003). *Organización y gestión integral del mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos S.A., Madrid.
- Gómez, L. (2013). *Administración del Mantenimiento I (apuntes y presentaciones de clase)*.
- INCOFER (s f.) *Servicio de trenes Costa Rica, ferrocarril por INCOFER Costa Rica*. Recuperado el 25 de mayo del 2017, de <http://www.incofer.go.cr/historia/>
- INCOFER (2012). Plan estratégico Institucional 2012-2017. San José: INCOFER.
- INCOFER (2013). Plan operativo Institucional 2013. San José: INCOFER.

- INCOFER (2014). *Informe de evaluación del plan anual operativo 2014*. Recuperado el 10 de junio de 2017 de: <http://www.incofer.go.cr/estadisticas/#>
- INCOFER (2017). *Estado del equipo rodante para transporte de pasajeros en la GAM*. San José: INCOFER.
- INCOFER (2017). *Informe I trimestre estadísticas 2017*. Recuperado el 19 de junio de 2017 de: <http://www.incofer.go.cr/estadisticas/#>
- INGEMAN (2015). *Diagnóstico nivel de gestión de mantenimiento INCOFER*. San José: INGEMAN.
- Kaplan, R. y Norton, D. (1996). *Cuadro de Mando Integral (2da edición)*. Ediciones Gestión 2000 S.A., Barcelona.
- Milla Gutiérrez, A. y Martínez Pedrós, D (2005). *La elaboración del plan estratégico y su implantación a través del cuadro de mando integral*. Ediciones Díaz de Santos S.A., Madrid.
- Ministerio de Fomento del Reino de España (2005). *La gestión por procesos*. Recuperado el 12 de setiembre de 2017 de: <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/9541acde-55bf-4f01-b8fa-03269d1ed94d/19421/CaptuloIVPrincipiosdelagestindelaCalidad.pdf>
- Mora Gutiérrez, A. (2009). *Mantenimiento, planeación, ejecución y control*. Alfa omega Grupo Editor, S.A. de C.V., México D.F.

- Escuela Técnica Profesional de RENFE Operadora (2010). *Frenado Ferroviario*. Recuperado el 15 de mayo de 2015 de: <https://es.scribd.com/document/317671080/215063032-Frenado-Ferroviario-2009-ETP-Renfe-pdf>
- Turner, S. (2009). *OMCS Latinoamérica, optimización del plan de mantenimiento*. Recuperado el 20 de setiembre de 2017 de: <http://www.ipeman.com/cursos/2007/septiembre/10/pmo.pdf>
- Vega Vindas, K (2014). *Diseño de una propuesta de gestión de mantenimiento basada en un cuadro de mando integral, para el departamento de facilidades para una planta de manufactura de productos médicos*. Cartago: Tesis de Licenciatura de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Tecnológico de Costa Rica.

Glosario.

ARESEP: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos: institución autónoma creada por la Ley 7593 y encargada de la regulación de los servicios públicos que esa Ley establece.

Coche: Unidad de equipo de arrastre destinada al transporte de pasajeros.

Equipo de arrastre: Vehículo ferroviario para transporte de personas o carga, que no cuenta con tracción propia.

Equipo rodante o material rodante: Todo tipo de vehículo dotado de ruedas capaces de circular sobre una vía férrea.

Equipo tractivo: Vehículo ferroviario autopropulsado que se utiliza en las vías férreas para el movimiento de equipo ferroviario.

INCOFER: Instituto Costarricense de Ferrocarriles, entidad autónoma autorizada por Ley 7001 del 1° de octubre de 1985, para la explotación del servicio de transporte de carga y pasajeros modalidad ferrocarril.

Locomotora: Unidad de equipo tractivo, material rodante, con motor que se utiliza para dar tracción a los trenes.

TFA: Tubería de Freno Automático.

TGA: Tubería General de Aire.

Tren tipo Apolo: Consiste en el conjunto de unidades tractivas que utilizan unidades tipo ferrobús FEVE S2400; las cuales tienen características de coches para transporte de pasajeros, pero que cuentan con autopropulsión.

Tren tipo Convencional: Consiste en el conjunto de las unidades tractivas y de arrastre que utilizan unidades tractivas tipo locomotora electro diésel y unidades de arrastre tipo coche de pasajeros.

Anexos.

Anexo 1. Vehículos asignados a la Unidad de Mantenimiento de Vías.

Código	Tipo	Fabricante	Modelo	Año	Valor	Operativo
30	Locomotora	General Electric Company	50 TON	1955	₡7 304 727,00	SÍ
39	Locomotora	General Electric Company	50 TON	1955	₡7 304 727,00	SÍ
158	Carro motor	Reconstruido	NO REGISTRA	1984	₡0,00	SÍ
222	Carro motor	Reconstruido	NO REGISTRA	1968	₡0,00	SÍ
325	Carro plano	Gregg	30 TON	1960	₡0,00	SÍ
331	Carro plano	Gregg	30 TON	1960	₡0,00	SÍ
333	Carro plano	Gregg	30 TON	1960	₡0,00	SÍ
340	Carro plano	Gregg	30 TON	1960	₡0,00	SÍ
348	Carro plano	Gregg	30 TON	1960	₡0,00	SÍ
361	Carro plano	COBRASMA	30 TON	1972	₡0,00	SÍ
367	Carro plano	Gregg	30 TON	1960	₡0,00	SÍ
440	Carro plano	Gregg	30 TON	1960	₡0,00	SÍ
1000	Lowboy	Gregg	NO REGISTRA	1960	₡0,00	SÍ
1023	Carro plano	Gregg	30 TON LARGO	1960	₡0,00	SÍ
1029	Carro plano	Gregg	30 TON LARGO	1960	₡0,00	SÍ
1035	Carro plano	Gregg	30 TON LARGO	1960	₡0,00	SÍ
1041	Carro plano	Gregg	30 TON LARGO	1960	₡0,00	SÍ
1046	Carro plano	Gregg	30 TON LARGO	1960	₡0,00	SÍ
2317	Carro plano	COBRASMA	30 TON	1978	₡0,00	SÍ
2328	Carro plano	COBRASMA	30 TON	1978	₡0,00	SÍ
2398	Carro plano	COBRASMA	30 TON	1978	₡0,00	SÍ
2891	Carro plano	COBRASMA	30 TON	1973	₡0,00	SÍ
3501	Carro regadera	COBRASMA	NO REGISTRA	1978	₡555 428,00	SÍ
3502	Carro regadera	COBRASMA	NO REGISTRA	1978	₡555 428,00	SÍ
3503	Carro regadera	COBRASMA	NO REGISTRA	1978	₡590 143,00	SÍ
3504	Carro regadera	COBRASMA	NO REGISTRA	1978	₡590 143,00	SÍ

3505	Carro regadera	COBRASMA	NO REGISTRA	1978	∅416 571,00	SÍ
3506	Carro regadera	COBRASMA	NO REGISTRA	1978	∅416 571,00	SÍ
3508	Carro regadera	COBRASMA	NO REGISTRA	1978	∅624 857,00	SÍ
3510	Carro regadera	COBRASMA	NO REGISTRA	1978	∅590 143,00	SÍ
3512	Carro regadera	COBRASMA	NO REGISTRA	1978	∅590 143,00	SÍ
3516	Carro regadera	COBRASMA	NO REGISTRA	1978	∅486 000,00	SÍ
3519	Carro regadera	COBRASMA	NO REGISTRA	1978	∅451 287,00	SÍ
3524	Carro volteo	Kawasaki Heavy Industries	NO REGISTRA	1978	∅0,00	SÍ
3563	Carro volteo	Gregg	NO REGISTRA	1930	∅0,00	SÍ
420E	Retroexcavadora	Caterpillar Inc.	420E	0	∅0,00	SÍ
CC17	Cargador	Caterpillar Inc.	966C	1980	∅2 424 451,00	SÍ
X02	Grúa ferroviaria	Orton	50 WRK	1962	∅0,00	SÍ
X04	Niveladora balastro	Fairmont Tamper	BEB17	1978	∅0,00	SÍ
X06	Calzadora	Fairmont Tamper	EDTA6	1979	∅15 000 000,00	SÍ
X15	Excavadora	Liebherr	A901C	1979	∅0,00	SÍ
X27	Speedswing	Pettibone	441B	1980	∅0,00	SÍ
X724	Carro herramienta	Reconstruido	GREGG 27,5 TON, AÑO 1 954	2017	∅0,00	SÍ
X7252	Carro herramienta	Reconstruido	COBRASMA 30 TON, AÑO 1 978	0	∅0,00	SÍ
X7623	Carro herramienta	Reconstruido	COBRASMA 30 TON, AÑO 1 978	0	∅0,00	SÍ

Fuente: Avalúo hecho por CICAP para el INCOFER en el año 2015.

Anexo 2. Vehículos asignados a la Unidad de Servicios Generales.

Placa	Tipo	Fabricante	Modelo	Año	Valor	Operativo
110-07	Camión	Toyota	NO REGISTRA	1980	Ø580 000,00	SÍ
110-36	Cabecal	Freigthliner	FLA8664ST	1989	Ø1 800 000,00	NO
110-39	Cabecal	Freigthliner	NO REGISTRA	1988	Ø2 310 000,00	NO
110-40	Pickup	Toyota	HILUX DX	2008	Ø6 530 000,00	SÍ
110-43	Sedán	Nissan	TIIDA	2014	Ø6 420 000,00	SÍ
110-44	Sedán	Nissan	TIIDA	2014	Ø6 420 000,00	SÍ
110-45	Pickup	Toyota	HILUX	2008	Ø6 530 000,00	SÍ
110-46	SUV	Range Rover	RANGE ROVER	1990	Ø3 110 000,00	SÍ
110-47	Sedán	Toyota	COROLLA	1989	Ø720 000,00	SÍ
110-48	Pickup	Nissan	NAVARA LE	2014	Ø14 470 000,00	SÍ
110-49	Camión	Hino	XZU710L-QKFML3	2014	Ø14 520 000,00	SÍ
110-50	Camión	Hino	XZU710L-QKFML3	2014	Ø14 520 000,00	SÍ
C-127815	Cabecal	Freigthliner	FLA6364T	1989	Ø2 320 000,00	NO
SR-2572	Semirremolque	Trailmobile	NO REGISTRA	1972	Ø500 000,00	NO
SR-3310	Semirremolque	Trailmobile	NO REGISTRA	1966	Ø500 000,00	NO

Fuente: Avalúo hecho por CICAP para el INCOFER en el año 2015.

Anexo 3. Vehículos asignados a la Unidad de Transporte.

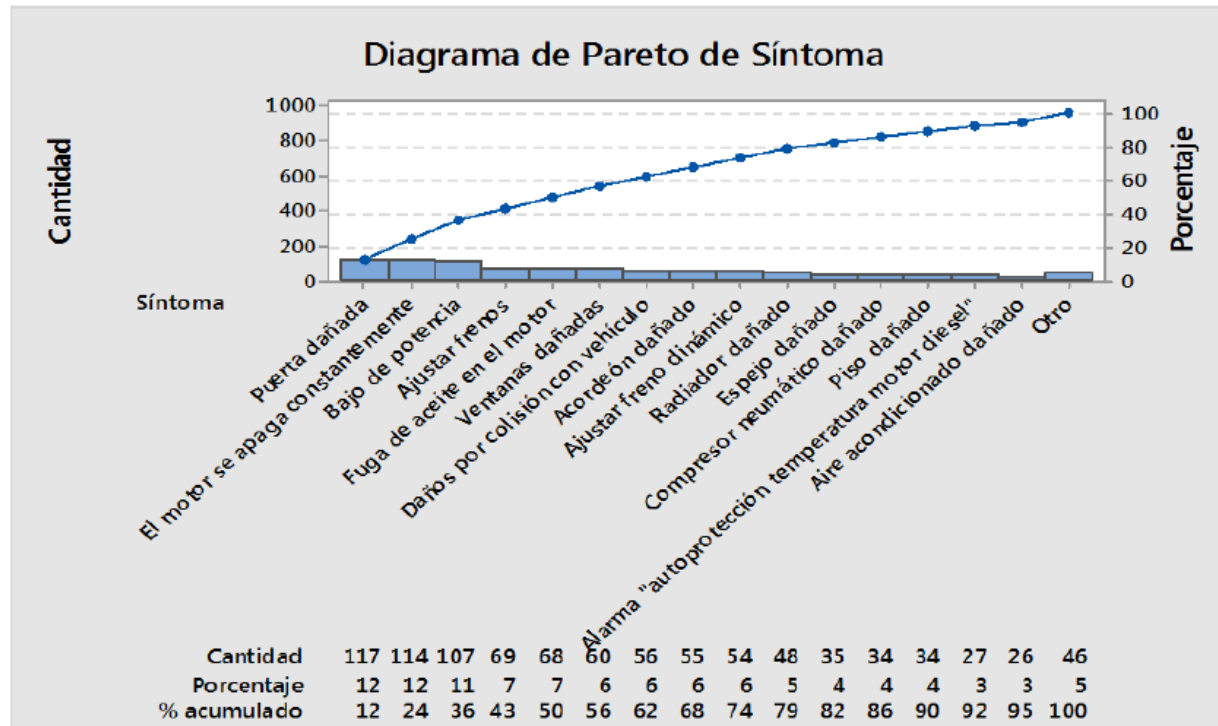
Código	Tipo	Fabricante	Modelo	Año	Valor	Operativo
10	Coche	Reconstruido	NO REGISTRA	0	€850 500,00	SÍ
12	Coche	Reconstruido	NO REGISTRA	0	€0,00	SÍ
15	Locomotora	Deutz	NO REGISTRA	1960	€0,00	SÍ
28	Coche	Reconstruido	NO REGISTRA	1971	€897 750,00	SÍ
51	Locomotora	General Electric Company	U6B	1966	€9 720 000,00	SÍ
52	Coche	Tokyu Car MFG Co.	NO REGISTRA	1960	€378 000,00	SÍ
53	Coche	Tokyu Car MFG Co.	NO REGISTRA	1960	€850 500,00	SÍ
54	Coche	Tokyu Car MFG Co.	NO REGISTRA	1960	€850 000,00	SÍ
55	Coche	Tokyu Car MFG Co.	NO REGISTRA	1960	€850 500,00	SÍ
56	Coche	Tokyu Car MFG Co.	NO REGISTRA	1960	€803 250,00	SÍ
57	Coche	Tokyu Car MFG Co.	NO REGISTRA	1960	€803 250,00	SÍ
58	Coche	Tokyu Car MFG Co.	NO REGISTRA	1960	€803 250,00	SÍ
59	Coche	Tokyu Car MFG Co.	NO REGISTRA	1960	€803 250,00	SÍ
65	Coche	Reconstruido	NO REGISTRA	0	€850 500,00	SÍ
72	Coche	Reconstruido	NO REGISTRA	0	€945 000,00	SÍ
74	Coche	Reconstruido	NO REGISTRA	1960	€803 250,00	SÍ
75	Coche	Reconstruido	NO REGISTRA	0	€0,00	SÍ
79	Coche	Reconstruido	NO REGISTRA	1943	€0,00	SÍ
81	Locomotora	General Electric Company	U11B	1978	€14 295 272,00	SÍ
83	Coche	Reconstruido	NO REGISTRA	0	€803 250,00	SÍ
84	Locomotora	General Electric Company	U11B	1978	€14 742 000,00	SÍ
84	Coche	Reconstruido	NO REGISTRA	1971	€850 500,00	SÍ
86	Locomotora	General Electric Company	U11B	1978	€14 742 000,00	SÍ
86	Coche	Reconstruido	NO REGISTRA	1943	€0,00	SÍ
87	Locomotora	General Electric Company	U11B	1978	€6 700 910,00	NO

110	Coche	Reconstruido	COOPESA	1992	€992 250,00	SÍ
111	Coche	Reconstruido	COOPESA	1992	€803 250,00	SÍ
112	Coche	Reconstruido	COOPESA	1992	€803 250,00	SÍ
113	Coche	Reconstruido	COOPESA	1992	€897 750,00	SÍ
114	Coche	Reconstruido	COOPESA	1992	€992 250,00	SÍ
214	Caboose	Reconstruido	NO REGISTRA	0	€0,00	SÍ
2401	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€6 682 500,00	NO
2404	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€92 432 340,00	SÍ
2405	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€201 204 000,00	SÍ
2407	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€214 617 600,00	SÍ
2409	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€214 617 600,00	SÍ
2410	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€81 767 070,00	SÍ
2411	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€85 322 160,00	NO
2413	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€81 767 070,00	SÍ
2415	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€81 767 070,00	SÍ
2416	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€149 262 750,00	SÍ
2423	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€143 521 875,00	NO
2425	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€143 521 875,00	NO
2429	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€201 204 000,00	NO
2451	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€6 682 500,00	SÍ
2454	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€88 877 250,00	SÍ
2455	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€207 910 800,00	SÍ
2457	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€214 617 600,00	SÍ
2459	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€214 617 000,00	SÍ
2460	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€81 767 070,00	SÍ
2461	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€85 311 160,00	SÍ
2463	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€81 767 070,00	SÍ
2465	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€81 767 070,00	SÍ

2466	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€155 003 625,00	SÍ
2473	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€143 521 875,00	NO
2475	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€143 521 875,00	NO
2479	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	S2400	1998	€214 617 000,00	NO
300A	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	UTDE	1983	€6 378 750,00	NO
300B	Coche autopropulsado	Maquinista Terrestre y Marítima	UTDE	1983	€6 682 500,00	NO
CR300	Coche	Maquinista Terrestre y Marítima	UTDE	1983	€0,00	SÍ
CR400	Coche	Maquinista Terrestre y Marítima	UTDE	1983	€0,00	SÍ

Fuente: Avalúo hecho por CICAP para el INCOFER en el año 2015.

Anexo 4. Diagrama de Pareto, averías reportadas de los coches autopropulsados FEVE S2400, período 2013-2015.



Fuente: INGEMAN (2015). Diagnóstico nivel de gestión de mantenimiento INCOFER. San José: INGEMAN.

Apéndice.

Apéndice 1. Guía de evaluación basada en la Norma COVENIN 2500-93.

	Puntuación máxima	Deméritos	Calificación
ÁREA II: ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO			
II.1 Funciones y responsabilidades			25%
Principio básico			
La función mantenimiento, está bien definida y ubicada dentro de la organización y posee un organigrama para este departamento. Se tienen por escrito las diferentes funciones y responsabilidades para los diferentes componentes dentro de la organización de mantenimiento. Los recursos asignados son adecuados, a fin de que la función pueda cumplir con los objetivos planteados.	80		20
Deméritos			
II.1.1 La empresa no tiene organigramas acordes a su estructura o no están actualizados para La Organización de mantenimiento.		15	10
II.1.2 La Organización de mantenimiento, no está acorde con el tamaño del SP, tipo de objetos a mantener, tipo de personal, tipo de proceso, distribución geográfica, u otro.		15	10
II.1.3 La unidad de mantenimiento no se presenta en el organigrama general, independiente del departamento de producción.		15	5
II.1.4 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades no están definidas por escrito o no están claramente definidas dentro de la unidad.		10	10
II.1.5 La asignación de funciones y de responsabilidades no llegan hasta el último nivel supervisorio necesario, para el logro de los objetivos deseados.		10	10

II.1.6 La Organización no cuenta con el personal suficiente tanto en cantidad como en calificación, para cubrir las actividades de mantenimiento.		15	15
II.2 Autoridad y autonomía			50%
Principio básico			
Las personas asignadas para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades cuentan con el apoyo de la gerencia y poseen la suficiente autoridad y autonomía para el desarrollo y cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.	70		35
Deméritos			
II.2.1 La unidad de mantenimiento no posee claramente definidas las líneas de autoridad.		15	10
II.2.2 El personal asignado a mantenimiento no tiene pleno conocimiento de sus funciones.		15	10
II.2.3 Se presentan solapamientos y/o duplicidad en las funciones asignadas a cada componente estructural de La Organización de mantenimiento.		10	10
II.2.4 Los problemas de carácter rutinario no pueden ser resueltos sin consulta a niveles superiores.		10	5
II.3 Sistema de información			21%
Principio básico			

La Organización de mantenimiento posee un sistema que le permite manejar óptimamente toda la información referente a mantenimiento (registro de fallas, programación de mantenimiento, estadísticas, costos, información sobre equipos, u otra).	70	15
Deméritos		
II.3.1 La Organización de mantenimiento no cuenta con un flujo-grama para su sistema de información donde estén claramente definidos los componentes estructurales involucrados en la toma de decisiones.	15	15
II.3.2 La Organización de mantenimiento no dispone de los medios para el procesamiento de la información de las diferentes secciones o unidades en base a los resultados que se desean obtener.	15	10
II.3.3 La Organización de mantenimiento no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información.	10	10
II.3.4 La Organización de mantenimiento no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente.	10	10
II.3.5 No existen procedimientos normalizados (formatos) para llevar y comunicar la información entre las diferentes secciones o unidades, así como su almacenamiento (archivo) para su cabal recuperación.	10	5
II.3.6 La Organización de mantenimiento no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla.	10	5
ÁREA III: PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO		
III.1 Objetivos y metas		36%
Principio básico		

Dentro de La Organización de mantenimiento la función de planificación tiene establecidos los objetivos y metas en cuanto a las necesidades de los objetos de mantenimiento, y el tiempo de realización de acciones de mantenimiento para garantizar la disponibilidad de los sistemas, todo esto incluido en forma clara y detallada en un plan de acción.	70		25
Deméritos			
III.1.1 No se encuentran definidos por escrito los objetivos y metas que debe cumplir La Organización de mantenimiento.		20	20
III.1.2 La Organización de mantenimiento no posee un plan donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos a mantener.		20	15
III.1.3 La organización no tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieren.		15	5
III.1.4 Las acciones de mantenimiento que se ejecutan no se orientan hacia el logro de los objetivos.		15	5
III.2 Políticas para la planificación			36%
Principio básico			
La gerencia de mantenimiento ha establecido una política general que involucre su campo de acción, su justificación, los medios y objetivos que persigue. Se tiene una planificación para la ejecución de cada una de las acciones de mantenimiento utilizando los recursos disponibles.	70		25
Deméritos			

III.2.1 La organización no posee un estudio donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos de mantenimiento.		20	15
III.2.2 No se tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieran.		20	10
III.2.3 A los sistemas sólo se les realiza mantenimiento cuando fallan		15	10
III.2.4 El equipo gerencial no tiene coherencia en torno a las políticas de mantenimiento establecidas.		15	10
III.3 Control y evaluación			20%
Principio básico			
La Organización cuenta con un sistema de señalización o codificación lógica y secuencial que permite registrar información del proceso o de cada línea, máquina o equipo en el sistema total. Se tiene elaborado un inventario técnico de cada sistema: su ubicación, descripción y datos de mantenimiento necesario para la elaboración de los planes de mantenimiento.	60		12
Deméritos			
III.3.1 No existen procedimientos normalizados para recabar y comunicar información así como su almacenamiento para su posterior uso.		10	10
III.3.2 No existe una codificación secuencial que permita la ubicación rápida de cada objeto dentro del proceso, así como el registro de información de cada uno de ellos.		10	0
III.3.3 La empresa no posee inventario de manuales de mantenimiento y operación, así como catálogos de piezas y partes de cada objeto a mantener.		10	10
III.3.4 No se dispone de un inventario técnico de objetos de mantenimiento que permita conocer la función de los mismos dentro del sistema al cual pertenece, recogida ésta información en formatos normalizados.		10	10

III.3.5 No se llevan registros de fallas y causas por escrito.		5	3
III.3.6 No se llevan estadísticas de tiempos de parada y de tiempo de reparación.		5	5
III.3.7 No se tiene archivada y clasificada la información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento.		5	5
III.3.8 La información no es procesada y analizada para la futura toma de decisiones.		5	5
ÁREA IV: MANTENIMIENTO RUTINARIO			
IV.1 Planificación			30%
Principio básico			
La Organización de mantenimiento tiene preestablecidas las actividades diarias y hasta semanales que se van a realizar a los objetos de mantenimiento, asignado los ejecutores responsables para llevar a cabo la acción de mantenimiento. La Organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento rutinario se ejecuten en forma organizada. La Organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento rutinario, así como también un stock de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.	100		30
Deméritos			
IV.1.1 No están descritas en forma clara y precisa las instrucciones técnicas que permitan al operario o en su defecto a La Organización de mantenimiento aplicar correctamente mantenimiento rutinario a los sistemas.		20	15
IV.1.2 Falta de documentación sobre instrucciones de mantenimiento para la generación de acciones de mantenimiento rutinario.		20	15
IV.1.3 Los operarios no están bien informados sobre el mantenimiento a realizar.		20	10
IV.1.4 No se tiene establecida una coordinación con la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento rutinario.		20	15

IV.1.5 Las labores de mantenimiento rutinario no son realizadas por el personal más adecuado según la complejidad y dimensiones de la actividad a ejecutar.		10	5
IV.1.6 No se cuenta con un stock de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.		10	10
IV.2 Programación e implantación			33%
Principio básico			
Las acciones de mantenimiento rutinario están programadas de manera que el tiempo de ejecución no interrumpa el proceso productivo, la frecuencia de ejecución de las actividades son menores o iguales a una semana. La implantación de las actividades de mantenimiento rutinario lleva consigo una supervisión que permita controlar la ejecución de dichas actividades.	80		26
Deméritos			
IV.2.1 No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento rutinario.		15	15
IV.2.2 La programación de mantenimiento rutinario no está definida de manera clara y detallada.		10	7
IV.2.3 Existe el programa de mantenimiento pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente.		10	7
IV.2.4 Las actividades de mantenimiento rutinario están programadas durante todos los días de la semana, impidiendo que exista holgura para el ajuste de la programación.		10	10
IV.2.5 La frecuencia de las acciones de mantenimiento rutinario (limpieza, ajuste, calibración y protección) no están asignadas a un momento específico de la semana.		10	10
IV.2.6 No se cuenta con el personal idóneo para la implantación del plan de mantenimiento rutinario.		10	5

IV.2.7 No se tienen claramente identificados a los sistemas que conformarán parte de las actividades de mantenimiento rutinario.		10	0
IV.2.8 La organización no tiene establecida una supervisión para el control de ejecución de las actividades de mantenimiento rutinario.		5	0
IV.3 Control y evaluación			36%
Principio básico			
El departamento de mantenimiento dispone de mecanismos que permitan llevar registros de las fallas, causas, tiempos de parada, materiales y herramientas utilizadas. Se lleva un control del mantenimiento de los diferentes objetos. El departamento dispone de medidas necesarias para verificar que se cumplan las acciones de mantenimiento rutinario programadas. Se realizan evaluaciones periódicas de los resultados de la aplicación del mantenimiento rutinario.	70		25
Deméritos			
IV.3.1 No se dispone de una ficha para llevar el control de los manuales de servicio, operación y partes.		10	10
IV.3.2 No existe un seguimiento desde la generación de las acciones técnicas de mantenimiento rutinario, hasta su ejecución.		15	5
IV.3.3 No se llevan registros de las acciones de mantenimiento rutinario realizadas.		5	5
IV.3.4 No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple el mantenimiento rutinario y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas.		10	10
IV.3.5 No existen formatos que permitan recoger información en cuanto a consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento rutinario permitiendo presupuestos más reales.		5	0
IV.3.6 El personal encargado de las labores de acopio y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento.		5	0

IV.3.7 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento rutinario basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.		20	15
ÁREA V: MANTENIMIENTO PROGRAMADO			
V.1 Planificación			15%
Principio básico			
La Organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimiento para que las acciones de mantenimiento programado se lleven en una forma organizada. La Organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento programado en el cual se especifican las acciones con frecuencia desde quincenal y hasta anuales a ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento. La Organización de mantenimiento cuenta con estudios previos para determinar las cargas de trabajo por medio de las instrucciones de mantenimiento recomendadas por los fabricantes, constructores, usuarios, experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión de los elementos más importantes.	100		15
Deméritos			
V.1.1 No existen estudios previos que conlleven a la determinación de las cargas de trabajo y ciclos de revisión de los objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento.		20	20
V.1.2 La empresa no posee un estudio donde especifiquen las necesidades reales y objetivas para los diferentes objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones.		15	5
V.1.3 No se tienen planificadas las acciones de mantenimiento programado en orden de prioridad, y en el cual se especifiquen las acciones a ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento, con frecuencias desde quincenales hasta anuales.		15	15
V.1.4 La información para la elaboración de instrucciones técnicas de mantenimiento programado, así como sus procedimientos de ejecución, es deficiente.		20	15
V.1.5 No se dispone de los manuales y catálogos de todas las máquinas.		10	10
V.1.6 No se ha determinado la fuerza laboral necesaria para llevar a cabo todas las actividades de mantenimiento, con una frecuencia establecida para dichas revisiones, distribuidas en un calendario anual.		10	10
V.1.7 No existe una planificación conjunta entre La Organización de mantenimiento, producción, administración y otros entes de la organización, para la ejecución de las acciones de mantenimiento programado.		10	10

V.2 Programación e implantación			31%
Principio básico			
La organización tiene establecidas instrucciones detalladas para revisar cada elemento de los objetos sujetos a acciones de mantenimiento, con una frecuencia establecida para dichas revisiones, distribuidas en un calendario anual. La programación de actividades posee la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente sin interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiere la programación.	80		25
Deméritos			
V.2.1 No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento programado.		20	20
V.2.2 Las actividades están programadas durante todas las semanas del año, impidiendo que exista una holgura para el ajuste de la programación.		10	5
V.2.3 Existe el programa de mantenimiento pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente.		15	10
V.2.4 No existe un estudio de las condiciones reales de funcionamiento y las necesidades de mantenimiento.		10	5
V.2.5 No se tiene un procedimiento para la implantación de los planes de mantenimiento programado.		10	10
V.2.6 La organización no tiene establecida una supervisión sobre la ejecución de las acciones de mantenimiento programado.		15	5
V.3 Control y evaluación			14%
Principio básico			

La Organización dispone de mecanismos eficientes para llevar a cabo el control y la evaluación de las actividades de mantenimiento enmarcadas en la programación.	70		10
Deméritos			
V.3.1 No se controla la ejecución de las acciones de mantenimiento programado		15	10
V.3.2 No se llevan las fichas de control de mantenimiento por cada objeto de mantenimiento.		10	10
V.3.3 No existen planillas de programación anual por semanas para las acciones de mantenimiento a ejecutarse y su posterior		10	10
V.3.4 No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple mantenimiento programado y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas.		5	5
V.3.5 No existen formatos que permitan recoger información en cuanto al consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento programado para estimar presupuestos más reales.		5	5
V.3.6 El personal encargado de las labores de acopio y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento.		5	0
V.3.7 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento programado basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.		20	20
ÁREA VII: MANTENIMIENTO CORRECTIVO			
VII.1 Planificación			35%
Principio básico			

La organización cuenta con una infraestructura y procedimiento para que las acciones de mantenimiento correctivo se lleven a una forma planificada. El registro de información de fallas permite una clasificación y estudio que facilite su corrección.	100		35
Deméritos			
VII.1.1 No se llevan registros por escrito de aparición de fallas para actualizarlas y evitar su futura presencia.		30	25
VII.1.2 No se clasifican las fallas para determinar cuales se van a atender o a eliminar por medio de la corrección.		30	25
VII.1.3 No se tiene establecido un orden de prioridades, con la participación de la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento correctivo.		20	10
VII.1.4 La distribución de las labores de mantenimiento correctivo no son analizadas por el nivel superior, a fin de que según la complejidad y dimensiones de las actividades a ejecutar se tome la decisión de detener una actividad y emprender otra que tenga más importancia.		20	5
VII.2. Programación e implantación			31%
Principio básico			
Las actividades de mantenimiento correctivo se realizan siguiendo una secuencia programada, de manera que cuando ocurra una falla no se pierda tiempo ni se pare la producción. La Organización de mantenimiento cuenta con programas, planes, recursos y personal para ejecutar mantenimiento correctivo de la forma más eficiente y eficaz posible. La implantación de los programas de mantenimiento correctivo se realiza en forma progresiva.	80		25
Deméritos			

VII.2.1 No se tiene establecida la programación de ejecución de las acciones de mantenimiento correctivo.		20	20
VII.2.2 La unidad de mantenimiento no sigue los criterios de prioridad, según el orden de importancia de las fallas, para la programación de las actividades de mantenimiento correctivo.		20	5
VII.2.3 No existe una buena distribución del tiempo para hacer mantenimiento correctivo.		20	15
VII.2.4 El Personal encargado para la ejecución del mantenimiento correctivo, no está capacitado para tal fin.		20	15
VII.3 Control y evaluación			14%
Principio básico			
La Organización de mantenimiento posee un sistema de control para conocer cómo se ejecuta el mantenimiento correctivo. Posee todos los formatos planillas o fichas de control de materiales, repuestos y horas - hombre utilizadas en este tipo de mantenimiento. Se evalúa la eficiencia y cumplimiento de los programas establecidos con la finalidad de introducir los correctivos necesarios.	70		10
Deméritos			
VII.3.1 No existen mecanismos de control periódicos que señalen el estado y avance de las operaciones de mantenimiento correctivo.		15	15
VII.3.2 No se llevan registros del tiempo de ejecución de cada operación.		15	15
VII.3.3 No se llevan registros de la utilización de materiales y repuestos en la ejecución de mantenimiento correctivo.		20	10
VII.3.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento correctivo basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.		20	20
ÁREA VIII: MANTENIMIENTO PREVENTIVO			

VIII.1 Determinación de parámetros			19%
Principio básico			
La organización tiene establecido por objetivo lograr efectividad del sistema asegurando la disponibilidad de objetos de mantenimiento mediante el estudio de confiabilidad y mantenibilidad. La organización dispone de todos los recursos para determinar la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones de piezas aplicando incluso métodos estadísticos, mediante la determinación de los tiempos entre fallas y de los tiempos de paradas.	80		15
Deméritos			
VIII.1.1 La organización no cuenta con el apoyo de los diferentes recursos de la empresa para la determinación de los parámetros de mantenimiento.		20	15
VIII.1.2 La organización no cuenta con estudios que permitan determinar la confiabilidad y mantenibilidad de los objetos de mantenimiento.		20	20
VIII.1.3 No se tienen estudios estadísticos para determinar la frecuencia de las revisiones y sustituciones de piezas claves.		20	10
VIII.1.4 No se llevan registros con los datos necesarios para determinar los tiempos de parada y los tiempos entre fallas.		10	10
VIII.1.5 El personal de La Organización de mantenimiento no está capacitado para realizar estas mediciones de tiempos de parada y entre fallas.		10	10
VIII.2. Planificación			13%
Principio básico			

La organización dispone de un estudio previo que le permita conocer los objetos que requieren mantenimiento preventivo. Se cuenta con una infraestructura de apoyo para realizar mantenimiento preventivo.	40		5
Deméritos			
VIII.2.1 No existe una clara delimitación entre los sistemas que forman parte de los programas de mantenimiento preventivo de aquellos que permanecerán en régimen inmodificable hasta su desincorporación, sustitución o reparación correctiva.		20	15
VIII.2.2 La organización no cuenta con fichas o tarjetas normalizadas donde se recoja la información técnica básica de cada objeto de mantenimiento inventariado.		20	20
VIII.3 Programación e implantación			43%
Principio básico			
Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas en forma racional, de manera que el sistema posea la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, no interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiera la programación. La implantación de los programas de mantenimiento preventivo se realiza en forma progresiva.	70		30
Deméritos			
VIII.3.1 Las frecuencias de las acciones de mantenimiento preventivo no están asignadas a un día específico en los períodos de tiempo correspondientes.		20	15
VIII.3.2 Las órdenes de trabajo no se emiten con la suficiente antelación a fin de que los encargados de la ejecución de las acciones de mantenimiento puedan planificar sus actividades.		15	5

VIII.3.3 Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas durante todas las semanas del año, impidiendo que exista holgura para el ajuste de la programación.		15	5
VIII.3.4 No existe apoyo hacia la organización que permita la implantación progresiva del programa de mantenimiento preventivo.		10	5
VIII.3.5 Los planes y políticas para la programación de mantenimiento preventivo no se ajustan a la realidad de la empresa, debido al estudio de las fallas realizado.		10	10
VIII.4 Control y evaluación			17%
Principio básico			
En la organización existen recursos necesarios para el control de la ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo. Se dispone de una evaluación de las condiciones reales del funcionamiento y de las necesidades de mantenimiento preventivo.	60		10
Deméritos			
VIII.4.1 No existe un seguimiento desde la generación de las instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo hasta su ejecución.		15	10
VIII.4.2 No existen los mecanismos idóneos para medir la eficiencia de los resultados a obtener en el mantenimiento preventivo hasta su ejecución.		15	10
VIII.4.3 La organización no cuenta con fichas o tarjetas donde se recoja la información básica de cada equipo inventariado.		10	10
VIII.4.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento preventivo basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.		20	20
ÁREA IX.1 MANTENIMIENTO POR AVERÍA			
IX.1 Atención a las fallas			35%
Principio básico			

La organización está en capacidad para atender de una forma rápida y efectiva cualquier falla que se presente. La organización mantiene en servicio el sistema, logrando funcionamiento a corto plazo, minimizando los tiempos de parada, utilizando para ellos planillas de reporte de fallas, ordenes de trabajo, salida de materiales, órdenes de compra y requisición de trabajo, que faciliten la atención oportuna al objeto averiado.	100		35
Deméritos			
IX.1.1 Cuando se presenta una falla ésta no se ataca de inmediato provocando daños a otros sistemas interconectados y conflictos entre el personal.		20	15
IX.1.2 No se cuenta con instructivos de registros de fallas que permitan el análisis de las averías sucedidas para cierto período.		20	15
IX.1.3 La emisión de órdenes de trabajo para atacar un falla no se hace de una manera rápida.		15	5
IX.1.4 No existen procedimientos de ejecución que permitan disminuir el tiempo fuera de servicio del sistema.		15	15
IX.1.5 Lo tiempos administrativos, de espera por materiales o repuestos, y de localización de la falla están presentes en alto grado durante la atención de la falla.		15	10
IX.1.6 No se tiene establecido un orden de prioridades en cuanto a atención de fallas con la participación de la unidad de producción.		15	5
IX.2 Supervisión y ejecución			38%
Principio básico			

Los ajustes, arreglos de defectos y atención a reparaciones urgentes se hacen inmediatamente después de que ocurre la falla. La supervisión de las actividades se realiza frecuentemente por personal con experiencia en el arreglo de sistemas, inmediatamente después de la aparición de la falla, en el período de prueba. Se cuenta con los diferentes recursos para la atención de las averías.	80		30
Deméritos			
IX.2.1 No existe un seguimiento desde la generación de las acciones de mantenimiento por avería hasta su ejecución.		20	10
IX.2.2 La empresa no cuenta con el personal de supervisión adecuado para inspeccionar los equipos inmediatamente después de la aparición de la falla.		15	10
IX.2.3 La supervisión es escasa o nula en el transcurso de la reparación y puesta en marcha del sistema averiado.		10	5
IX.2.4 El retardo de la ejecución de las actividades de mantenimiento por avería ocasiona paradas prolongadas en el proceso productivo.		10	10
IX.2.5 No se llevan registros para analizar las fallas y determinar la corrección definitiva o la prevención de las mismas.		5	0
IX.2.6 No se llevan registros sobre el consumo, de materiales o repuestos utilizados en la atención de las averías.		5	5
IX.2.7 No se cuenta con las herramientas, equipos e instrumentos necesarios para la atención de averías.		5	5
IX.2.8 No existe personal capacitado para la atención de cualquier tipo de falla.		10	5
IX.3 Información sobre las averías			21%
Principio básico			

La Organización de mantenimiento cuenta con el personal adecuado para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que se derive de las averías, así como, analizar las causas que las originaron con el propósito de aplicar mantenimiento preventivo a mediano plazo o eliminar la falla mediante mantenimiento correctivo.	70		15
Deméritos			
IX.3.1 No existen procedimientos que permitan recopilar la información sobre las fallas ocurridas en los sistemas en un tiempo determinado.		20	15
IX.3.2 La organización no cuenta con el personal capacitado para el análisis y procesamiento de la información sobre fallas.		10	10
IX.3.3 No existe un historial de fallas de cada objeto de mantenimiento, con el fin de someterlo a análisis y clasificación de las fallas; con el objeto de aplicar mantenimiento preventivo o correctivo.		20	20
IX.3.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento por avería basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.		20	10
ÁREA X: PERSONAL DE MANTENIMIENTO			
X.1 Cuantificación de las necesidades del personal			
Principio básico			
La organización, a través de la programación de las actividades de mantenimiento, determina el número óptimo de las personas que se requieren en La Organización de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos propuestos.	70		5
Deméritos			

X.1.1 No se hace uso de los datos que proporciona el proceso de cuantificación de personal.		30	30
X.1.2 La cuantificación de personal no es óptima y en ningún caso ajustada a la realidad de la empresa.		20	15
X.1.3 La Organización de mantenimiento no cuenta con formatos donde se especifique, el tipo y número de ejecutores de mantenimiento por tipo de frecuencia, tipo de mantenimiento y para cada semana de programación.		20	20
X.2 Selección y Formación			13%
Principio Básico			
La organización selecciona su personal atendiendo a la descripción escrita de los puestos de trabajo (experiencia mínima, educación, habilidades, responsabilidades u otra).	80		10
Deméritos			
X.2.1 La selección no se realiza de acuerdo a las características del trabajo a realizar: educación, experiencia, conocimiento, habilidades, destrezas y actitudes personales en los candidatos.		10	5
X.2.2 No se tienen procedimientos para la selección de personal.		10	10
X.2.3 No se tienen establecidos períodos de adaptación del personal.		10	10
X.2.4 No se cuenta con programas permanentes de formación del personal que permitan mejorar sus capacidades, conocimientos y la difusión de nuevas técnicas.		10	10
X.2.5 Los cargos en La Organización de mantenimiento no se tienen por escrito.		10	10

X.2.6 La descripción del cargo no es conocida plenamente por el personal.		10	10
X.2.7 La ocupación de cargos vacantes no se da con promoción interna.		10	5
X.2.8 Para la escogencia de cargos no se toman en cuenta las necesidades derivadas de la cuantificación del personal.		10	10
X.3 Motivación e incentivos			30%
Principio básico			
La dirección de la empresa tiene conocimiento de la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y la producción, emprendiendo acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal. Existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad del personal en el desarrollo de sus funciones. La Organización de mantenimiento posee un sistema evaluación periódica del trabajador, para fines de ascenso o aumentos salariales.	50		15
Deméritos			
X.3.1 El personal no da la suficiente importancia a los efectos positivos con que incide el mantenimiento para el logro de las metas de calidad y producción.		20	5
X.3.2 No existe evaluación periódica del trabajo para fines de ascensos o aumentos salariales.		10	10
X.3.3 La empresa no otorga incentivos o estímulos basados en la puntualidad, en la asistencia al trabajo, calidad de trabajo, iniciativa, sugerencias para mejorar el desarrollo de la actividad de mantenimiento.		10	10
X.3.4 No se estimula al personal con cursos que aumenten su capacidad y por ende su situación dentro del sistema.		10	10
ÁREA XI: APOYO LOGÍSTICO			
XI.1 Apoyo administrativo			25%
Principio básico			

La organización de mantenimiento cuenta con el apoyo de la administración de la empresa; en cuanto a recursos humanos, financieros y materiales. Los recursos son suficientes para que se cumplan los objetivos trazados por la organización.	40		10
Deméritos			
XI.1.1 Los recursos asignados a la organización de mantenimiento no son suficientes.		10	10
XI.1.2 La administración no tiene políticas bien definidas, en cuanto al apoyo que se debe prestar a la organización de mantenimiento.		10	5
XI.1.3 La administración no funciona en coordinación con la organización de mantenimiento.		10	5
XI.1.4 Se tiene que desarrollar muchos trámites dentro de la empresa, para que se le otorguen los recursos necesarios a mantenimiento.		5	5
XI.1.5 La gerencia no posee políticas de financiamiento referidas a inversiones, mejoramiento de objetos de mantenimiento u otros.		5	5
XI.2 Apoyo gerencial			38%
Principio básico			
La gerencia posee información necesaria sobre la situación y el desarrollo de los planes de mantenimiento formulados por el ente de mantenimiento, permitiendo así asesorar a la misma, en cualquier situación que atañe a sus operaciones. La gerencia le da a mantenimiento el mismo nivel de las unidades principales en el organigrama funcional de la empresa.	40		15

Deméritos			
XI.2.1 La organización de mantenimiento no tiene el nivel jerárquico adecuado dentro de la organización gerencial.		10	5
XI:2.2 Para la gerencia, mantenimiento es sólo la reparación de los sistemas.		10	5
XI.2.3 La gerencia considera que no es primordial la existencia de una organización de mantenimiento, que permita prevenir las paradas innecesarias de los sistemas, por lo tanto, no le da el apoyo requerido para que se cumplan los objetivos establecidos.		10	5
XI.2.4 La gerencia no delega autoridad en la toma de decisiones.		5	5
XI.2.5 La gerencia general no demuestra confianza en las decisiones tomadas por la organización de mantenimiento.		5	5
XI.3 Apoyo general			40%
Principio básico			
La organización de mantenimiento cuenta con el apoyo de la organización total, y trabaja en coordinación con cada uno de los entes que la conforman.	20		8
Deméritos			
XI.3.1 No se cuenta con apoyo general de la organización, para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento en forma eficiente.		10	7
XI.3.2 No se aceptan sugerencias por parte de ningún ente de la organización que no esté relacionada con mantenimiento.		10	5
ÁREA XII: RECURSOS			
XII.1 Equipos			33%
Principio básico			

La Organización de mantenimiento posee los equipos adecuados para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento, para facilitar la operatividad de los sistemas. Para la selección y adquisición de equipos, se tienen en cuenta las diferentes alternativas tecnológicas, para lo cual se cuenta con las suficientes casas fabricantes y proveedores. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de equipos permitiendo el control de su uso.	30		10
Deméritos			
XII.1.1 No se cuenta con los equipos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad.		5	5
XII.1.2 Se tienen los equipos necesarios, pero no se le da el uso adecuado.		5	0
XII.1.3 El ente de mantenimiento no conoce o no tiene acceso a información (catálogos, revistas u otros), sobre las diferentes alternativas económicas para la adquisición de equipos.		5	5
XII.1.4 Los parámetros de operación, mantenimiento y capacidad de los equipos no son plenamente conocidos o la información es deficiente.		5	0
XII.1.5 No se lleva registro de entrada y salida de equipos		5	5
XII.1.6 No se cuenta con controles de uso y estado de los equipos.		5	5
XII.2 Herramientas			10%
Principio básico			

La Organización de mantenimiento cuenta con las herramientas necesarias, en un sitio de fácil alcance, logrando así que el ente de mantenimiento opere satisfactoriamente reduciendo el tiempo por espera de herramientas. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de las herramientas permitiendo el control de su uso.	30		3
Deméritos			
XII.2.1 No se cuenta con las herramientas necesarias para que el ente de mantenimiento opere eficientemente.		10	10
XII.2.2 No se dispone de un sitio para la localización de las herramientas, donde se facilite y agilice su obtención.		5	5
XII.2.3 Las herramientas existentes no son las adecuadas para ejecutar las tareas de mantenimiento.		5	5
XII.2.4 No se llevan registros de entrada y salida de herramientas.		5	5
XII.2.5 No se cuenta con controles de uso y estado de las herramientas.		5	2
XII.3 Instrumentos			23%
Principio básico			
La Organización de mantenimiento posee los instrumentos adecuados para llevar a cabo las acciones de mantenimiento. Para la selección de dichos instrumentos se toma en cuenta las diferentes casas fabricantes y proveedores. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de instrumentos permitiendo el control de su uso.	30		7

Deméritos			
XII.3.1 No se cuenta con los instrumentos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad.		5	5
XII.3.2 No se toma en cuenta para la selección de los instrumentos, la efectividad y exactitud de los mismos.		5	0
XII.3.3 El ente de mantenimiento no tiene acceso a la información (catálogos, revistas u otros), sobre diferentes alternativas tecnológicas de los instrumentos.		5	5
XII.3.4 Se tienen los instrumentos necesarios para operar con eficiencia pero no se conoce o no se les da el uso adecuado.		5	3
XII.3.5 No se llevan registros de entrada y salida de instrumentos.		5	5
XII.3.6 No se cuenta con controles de uso y estado de los instrumentos.		5	5
XII.4 Materiales			30%
Principio básico			
La Organización de mantenimiento cuenta con un stock de materiales de buena calidad y con facilidad para su obtención y así evitar prolongar el tiempo de espera por materiales, existiendo seguridad de que el sistema opere en forma eficiente. Se posee una buena clasificación de materiales para su fácil ubicación y manejo. Se conocen los diferentes proveedores para cada material, así como también los plazos de entrega. Se cuenta con políticas de inventario para los materiales utilizados en mantenimiento.	30		9
Deméritos			
XII.4.1 No se cuenta con los materiales que se requieren para ejecutar las tareas de mantenimiento.		3	3
XII.4.2 El material se daña con frecuencia por no disponer de un área adecuada de almacenamiento.		3	3

XII.4.3 Los materiales no están identificados plenamente en el almacén (etiquetas, sellos, rótulos, colores u otros).		3	3
XII.4.4 No se ha determinado el costo por falta de material.		3	3
XII.4.5 No se ha establecido cuáles materiales tener en stock y cuales comprar de acuerdo a pedidos.		3	3
XII.4.6 No se poseen formatos de control de entradas y salidas de materiales de circulación permanente.		3	0
XII.4.7 No se lleva el control (formatos) de los materiales desechados por mala calidad.		3	3
XII.4.8 No se tiene información precisa de los diferentes proveedores de cada material.		3	0
XII.4.9 No se conocen los plazos de entrega de los materiales por los proveedores.		3	0
XII.4.10 No se conocen los mínimos y máximos para cada tipo de material.		3	3
XII.5 Repuestos			40%
Principio básico			
La Organización de mantenimiento cuenta con un stock de repuestos, de buena calidad y con facilidad para su obtención, y así evitar prolongar el tiempo de espera por repuestos, existiendo seguridad de que el sistema opere en forma eficiente. Los repuestos se encuentran identificados en el almacén para su fácil ubicación y manejo. Se conocen los diferentes proveedores para cada repuesto, así como también los plazos de entrega. Se cuenta con políticas de inventario para los repuestos utilizados en mantenimiento.	30		12
Deméritos			

XII.5.1 No se cuenta con los repuestos que se requieren para ejecutar las tareas de mantenimiento.		3	3
XII.5.2 Los repuestos se dañan con frecuencia por no disponer de un área adecuada de almacenamiento.		3	0
XII.5.3 Los repuestos no están identificados plenamente en el almacén (etiquetas, sellos, rótulos, colores u otros).		3	3
XII.5.4 No se ha determinado el costo por falta de repuestos.		3	3
XII.5.5 No se ha establecido cuáles repuestos tener en stock y cuales comprar de acuerdo a pedidos.		3	3
XII.5.6 No se poseen formatos de control de entradas y salidas de repuestos de circulación permanente.		3	0
XII.5.7 No se lleva el control (formatos) de los repuestos desechados por mala calidad.		3	3
XII.5.8 No se tiene información precisa de los diferentes proveedores de cada repuesto.		3	0
XII.5.9 No se conocen los plazos de entrega de los repuestos por los proveedores.		3	0
XII.5.10 No se conocen los mínimos y máximos para cada tipo de repuesto.		3	3

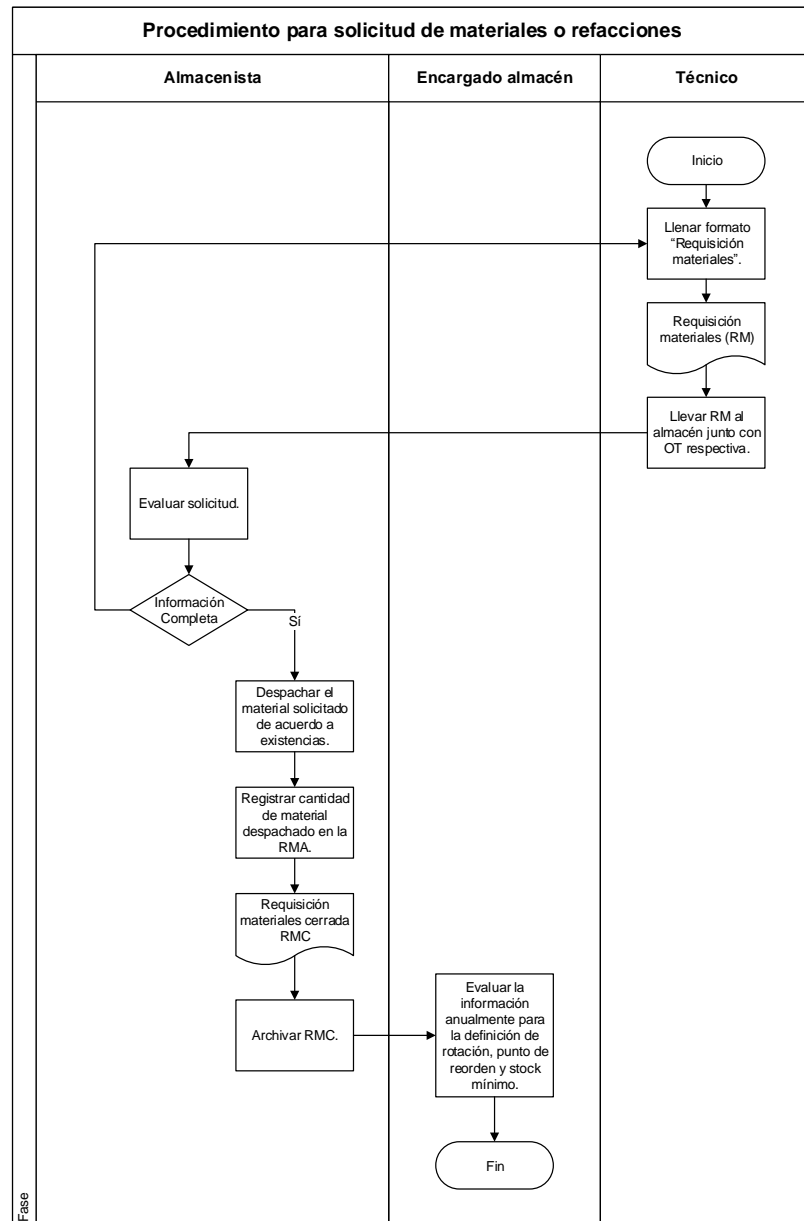
Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

Apéndice 2. Ficha de evaluación COVENIN 2500-93.

FICHA DE EVALUACIÓN Norma COVENIN 2500-93																									
EMPRESA: Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER)											Fecha: 2017/08/04														
Evaluador: Kendall López Abarca																									
A	B	C	D (D1+D2+D3...+Dn)										E	F	G										
Área	Principio básico	PTS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total deméritos	Puntos	%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
II Organización de mantenimiento	1. Funciones y responsabilidades	80	10	10	5	10	10	15					60	20	25	<div style="width: 25%;"></div>									
	2. Auditoría y autonomía	50	10	10	10	5							35	15	30	<div style="width: 30%;"></div>									
	3. Sistema de información	70	15	10	10	10	5	5					55	15	21	<div style="width: 21%;"></div>									
	Total obtenible	200	Total obtenido										150	50	25	<div style="width: 25%;"></div>									
III Planificación del mantenimiento	1. Objetivos y metas	70	20	15	5	5							45	25	36	<div style="width: 36%;"></div>									
	2. Políticas para planificación	70	15	10	10	10							45	25	36	<div style="width: 36%;"></div>									
	3. Control y evaluación	60	10	0	10	10	3	5	5	5			48	12	20	<div style="width: 20%;"></div>									
	Total obtenible	200	Total obtenido										138	62	31	<div style="width: 31%;"></div>									
IV Mantenimiento rutinario	1. Planificación	100	15	15	10	15	5	10					70	30	30	<div style="width: 30%;"></div>									
	2. Programación e implantación	80	15	7	7	10	10	5	0	0			54	26	33	<div style="width: 33%;"></div>									
	3. Control y evaluación	70	10	5	5	10	0	0	15				45	25	36	<div style="width: 36%;"></div>									
	Total obtenible	250	Total obtenido										169	81	32	<div style="width: 32%;"></div>									
V Mantenimiento programado	1. Planificación	100	20	5	15	15	10	10	10				85	15	15	<div style="width: 15%;"></div>									
	2. Programación e implantación	80	20	5	10	5	10	5					55	25	31	<div style="width: 31%;"></div>									
	3. Control y evaluación	70	10	10	10	5	5	0	20				60	10	14	<div style="width: 14%;"></div>									
	Total obtenible	250	Total obtenido										200	50	20	<div style="width: 20%;"></div>									
VII Mantenimiento correctivo	1. Planificación	100	25	25	10	5							65	35	35	<div style="width: 35%;"></div>									
	2. Programación e implantación	80	20	5	15	15							55	25	31	<div style="width: 31%;"></div>									
	3. Control y evaluación	70	15	15	10	20							60	10	14	<div style="width: 14%;"></div>									
	Total obtenible	250	Total obtenido										180	70	28	<div style="width: 28%;"></div>									
VIII Mantenimiento preventivo	1. Determinación de parámetros	80	15	20	10	10	10						65	15	19	<div style="width: 19%;"></div>									
	2. Planificación	40	15	20									35	5	13	<div style="width: 13%;"></div>									
	3. Programación e implantación	70	15	5	5	5	10						40	30	43	<div style="width: 43%;"></div>									
	4. Control y evaluación	60	10	10	10	20							50	10	17	<div style="width: 17%;"></div>									
Total obtenible	250	Total obtenido										190	60	24	<div style="width: 24%;"></div>										
IX Mantenimiento por avería	1. Atención a fallas	100	15	15	5	15	10	5					65	35	35	<div style="width: 35%;"></div>									
	2. Supervisión y ejecución	80	10	10	5	10	0	5	5	5			50	30	38	<div style="width: 38%;"></div>									
	3. Información sobre averías	70	15	10	20	10							55	15	21	<div style="width: 21%;"></div>									
	Total obtenible	250	Total obtenido										170	80	32	<div style="width: 32%;"></div>									
X Personal de mantenimiento	1. Cuantificación de las necesidades	70	30	15	20								65	5	7	<div style="width: 7%;"></div>									
	2. Selección y formación	80	5	10	10	10	10	10	5	10			70	10	13	<div style="width: 13%;"></div>									
	3. Motivación e incentivos	50	5	10	10	10							35	15	30	<div style="width: 30%;"></div>									
	Total obtenible	200	Total obtenido										170	30	15	<div style="width: 15%;"></div>									
XI Apoyo logístico	1. Apoyo administrativo	40	10	5	5	5	5						30	10	25	<div style="width: 25%;"></div>									
	2. Apoyo gerencial	40	5	5	5	5	5						25	15	38	<div style="width: 38%;"></div>									
	3. Apoyo general	20	7	5									12	8	40	<div style="width: 40%;"></div>									
	Total obtenible	100	Total obtenido										67	33	33	<div style="width: 33%;"></div>									
XII Recursos	1. Equipos	30	5	0	5	0	5	5					20	10	33	<div style="width: 33%;"></div>									
	2. Herramientas	30	10	5	5	5	2						27	3	10	<div style="width: 10%;"></div>									
	3. Instrumentos	30	5	0	5	3	5	5					23	7	23	<div style="width: 23%;"></div>									
	4. Materiales	30	3	3	3	3	3	0	3	0	0	3	21	9	30	<div style="width: 30%;"></div>									
	5. Repuestos	30	3	0	3	3	3	0	3	0	0	3	18	12	40	<div style="width: 40%;"></div>									
	Total obtenible	150	Total obtenido										109	41	27	<div style="width: 27%;"></div>									
Total obtenible global		2100	Total obtenido global										557	Puntuación porcentual global										27%	

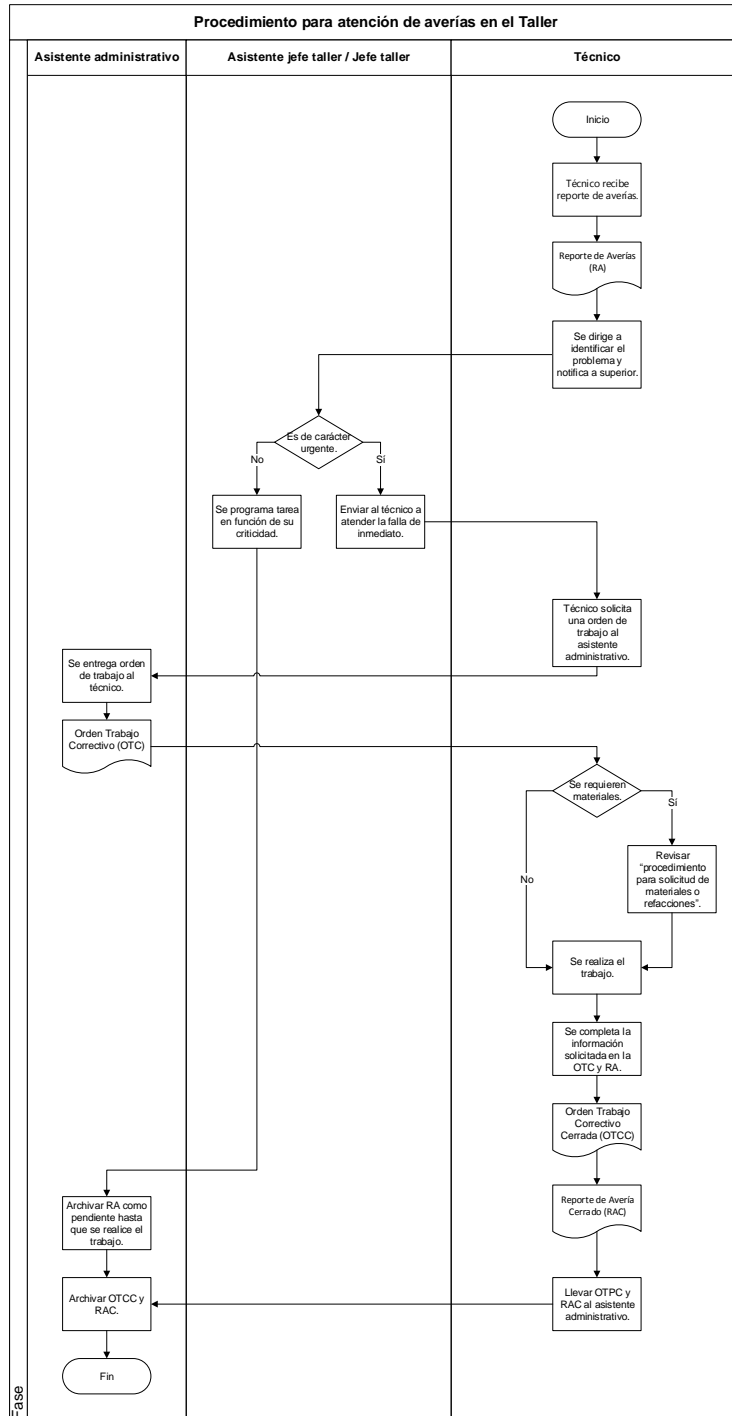
Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

Apéndice 3. Procedimiento para solicitud de materiales o refacciones.



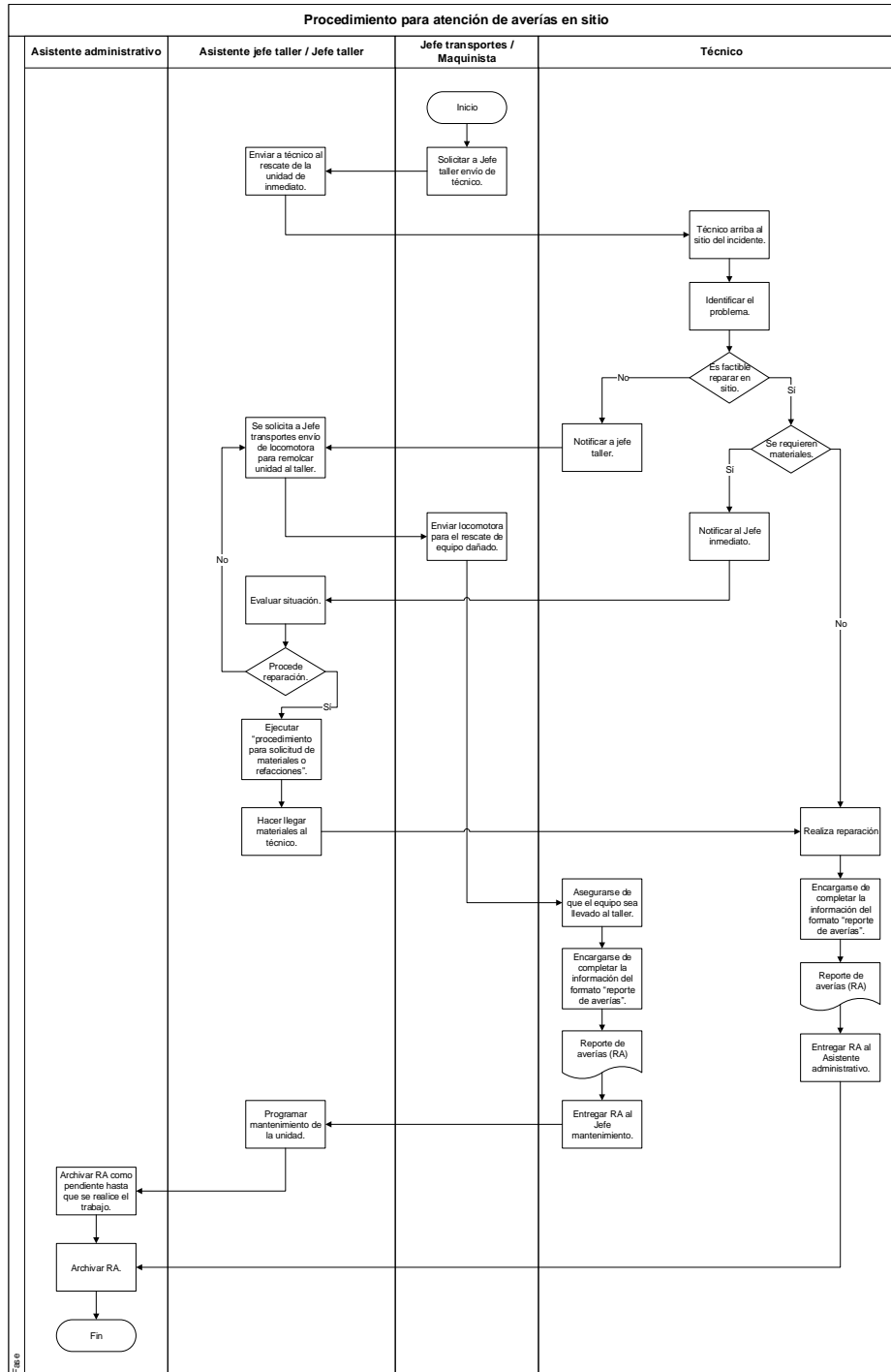
Fuente: Elaboración propia Microsoft Visio (2016).

Apéndice 4. Procedimiento para atención de averías en taller.



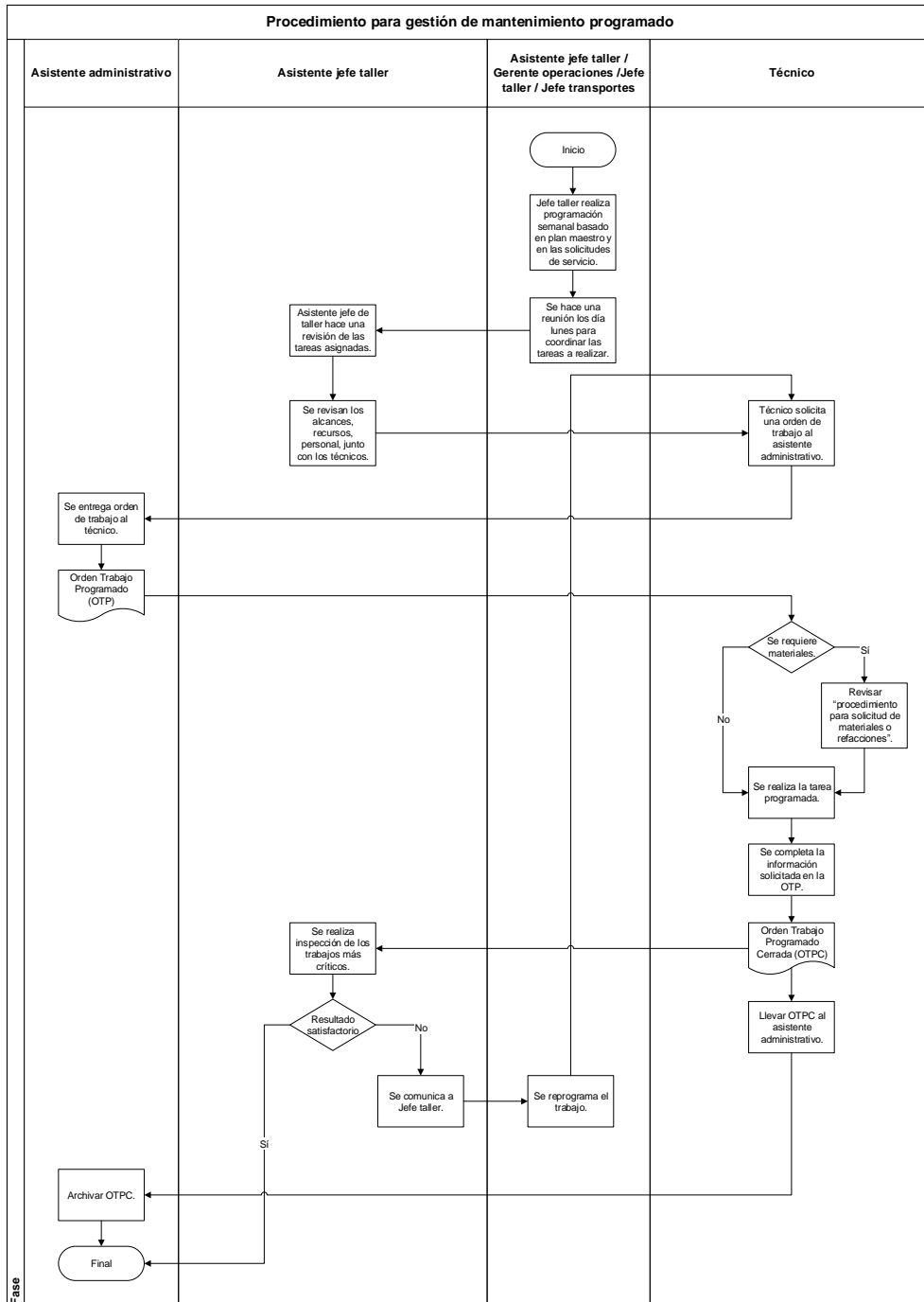
Fuente: Elaboración propia Microsoft Visio (2016).

Apéndice 5. Procedimiento para atención de averías en sitio.



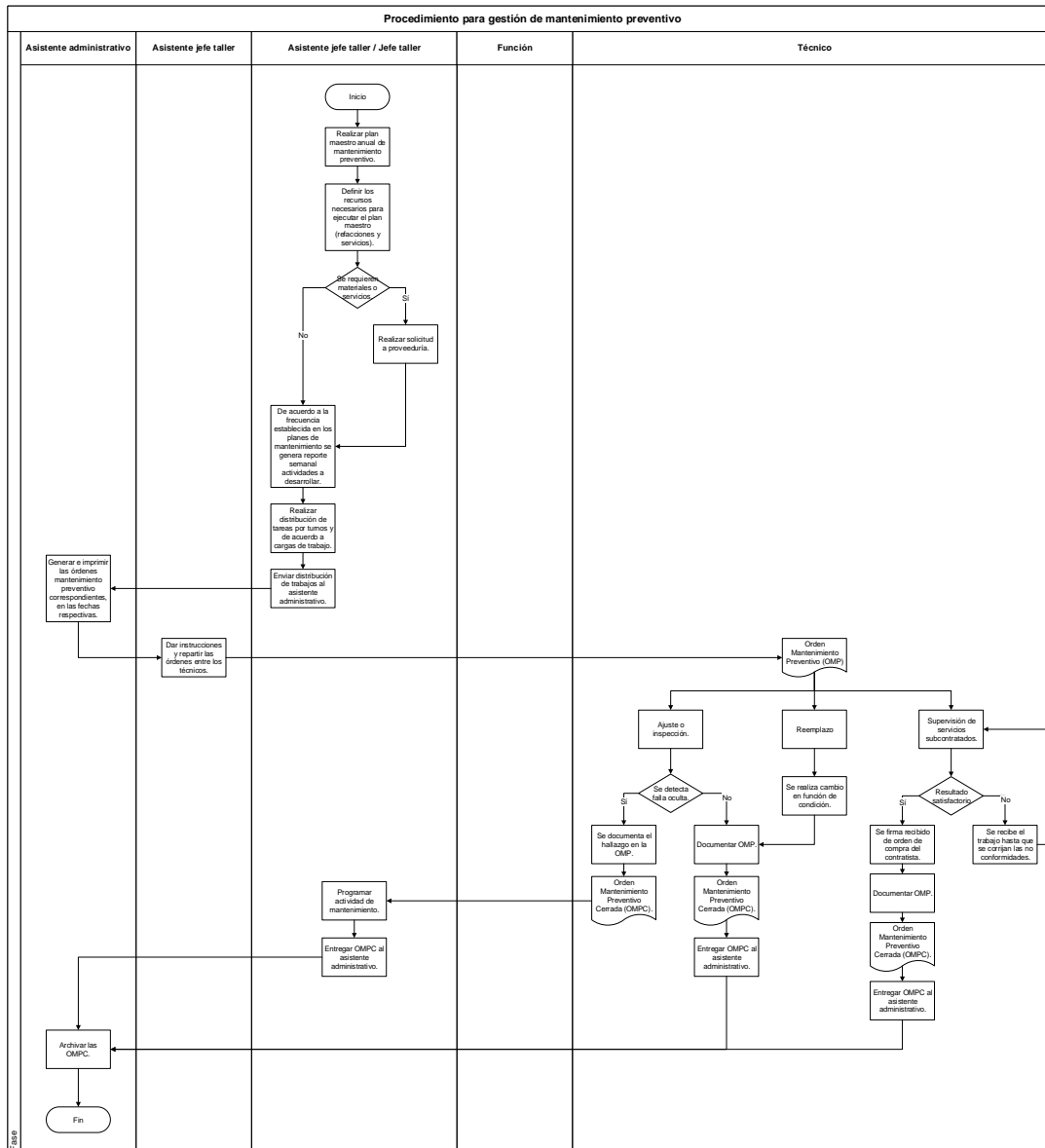
Fuente: Elaboración propia Microsoft Visio (2016).

Apéndice 6. Procedimiento para gestión de mantenimiento programado.



Fuente: Elaboración propia Microsoft Visio (2016).

Apéndice 7. Procedimiento para gestión de mantenimiento preventivo.



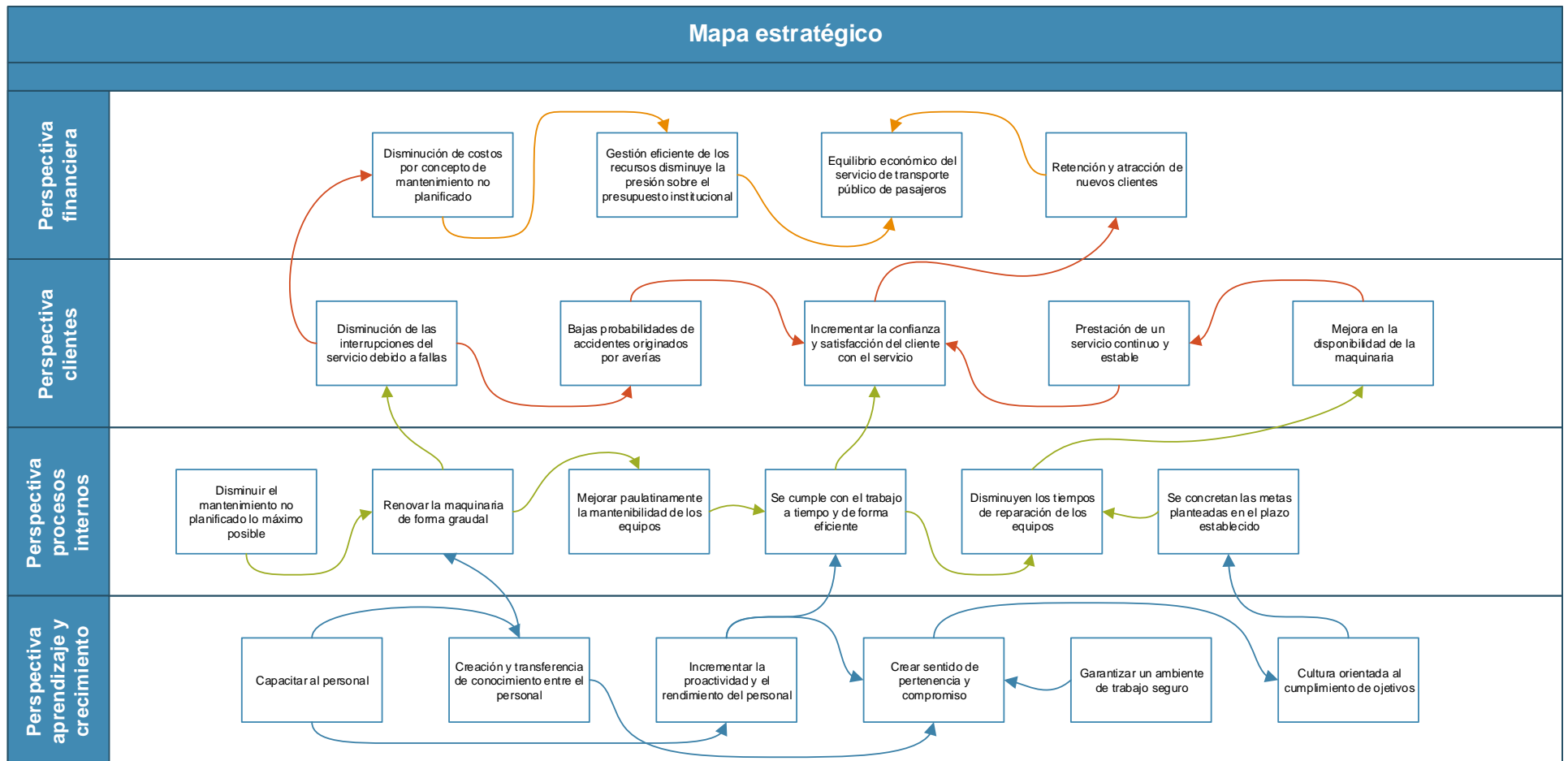
Fuente: Elaboración propia Microsoft Visio (2016).

Apéndice 9. Documento para reporte de averías.

 Taller Electromecánico	<h3 style="margin: 0;">Reporte de averías</h3>		No. de reporte			
			RA-Número Consecutivo			
			Año	Mes	Día	Hora
Información de la máquina						
Maquinista / Operario:		Ruta atendida cuando se presentó fallo:				
No. Máquina	Seleccione y marque con una "X" <input type="checkbox"/> Apolo <input type="checkbox"/> Coche/Vagón <input type="checkbox"/> Locomotora <input type="checkbox"/> Otro: _____			Horímetro motor:	Odómetro:	
Descripción de síntomas						
Firma del maquinista / operario:						
Uso exclusivo del personal del taller						
Técnico que recibe en taller:						
Seleccione y marque con una "X" los sistemas afectados			Fecha de inicio y de finalización de la intervención			
Sistema de control eléctrico <input type="checkbox"/> Sistema neumático <input type="checkbox"/>		Año	Mes	Día	Hora	
Sistema eléctrico de potencia <input type="checkbox"/> Superestructura <input type="checkbox"/>		Inicio				
Sistema diésel <input type="checkbox"/>		Final				
Descripción del trabajo realizado						
No. de orden de trabajo:		Técnico que entrega el trabajo (nombre y firma):				
No. de requisición:						
Tiempo fuera servicio (horas):						

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel (2016).

Apéndice 10. Mapa estratégico del Taller Electromecánico de INCOFER, división Pacífico.



Fuente: Elaboración propia Microsoft Visio 2016.

Apéndice 11. Cuadro de Mando Integral Taller Electromecánico de INCOFER, división Pacífico.

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Descripción	Fuente de información	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta final		
										Satisfactorio	Aceptable	Deficiente
Financiera	Contribuir al equilibrio económico del servicio de transporte de pasajeros optimizando los recursos mediante la disminución de los trabajos por concepto de mantenimiento no planificado.	Tiempo invertido en mantenimiento no planificado.	Identifica la proporción de tiempo muerto por averías con respecto al tiempo de operación.	Historial de trabajos de mantenimiento.	FA1	$\frac{\text{Tiempo muerto por falla mecánica}}{\text{Tiempo total de operación}} \times 100$	Porcentaje	Trimestral	Jefe de transportes	10 ≥	< 20 y > 10	≥ 20
		Costo de mantenimiento no planificado.	Identifica la proporción de labores de mantenimiento que no son planificadas.	Historial de trabajos de mantenimiento.	FB1	$\frac{\text{Costo total mantenimiento no planificado}}{\text{Costo total de mantenimiento}} \times 100$	Porcentaje	Trimestral	Jefe de taller	30 ≥	< 35 y > 30	≥ 35
		Costo de mantenimiento por pasajero transportado.	Mide el ahorro en el costo de mantenimiento del equipo por cada pasajero transportado.	Costo de mantenimiento y cantidad de pasajeros transportados anualmente.	FB2	$\frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Pasajeros transportados}}$	€/ Persona	Trimestral	Jefe de taller	250 ≥	< 275 y > 250	≥ 275
Clientes	Garantizar la satisfacción de los clientes asegurando la continuidad y seguridad del servicio.	Tiempo medio entre fallas.	Mide el tiempo que transcurre entre cada falla que provoca atrasos o suspensión del servicio.	Reporte de fallas.	CB1	$\frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}}$	Horas	Trimestral	Jefe de transportes	≥ 192	< 192 y > 168	168 ≥
		Disponibilidad del material rodante.	Mide el tiempo que un equipo está disponible respecto de la duración total que se hubiese deseado que funcionase.	Cálculo de disponibilidad.	CB2	$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$	Porcentaje	Trimestral	Jefe de taller	≥ 95	< 95 y > 90	90 ≥
		Accidentabilidad atribuible al mantenimiento del equipo.	Mide la proporción de accidentes que tienen como causa un fallo del equipo.	Cálculo de accidentabilidad.	CB3	$\frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Número de horas hombre laboradas}} \times 100$	Porcentaje	Trimestral	Jefe de taller	10 ≥	< 15 y > 10	≥ 15
Procesos internos	Elaborar una estrategia que permita realizar al menos 70% de los trabajos de forma planificada para mejorar el nivel de servicio.	Horas invertidas en la planificación de trabajos.	Mide la proporción de horas invertidas en la planificación de actividades con respecto al total de horas laboradas.	Horas invertidas en la planificación de trabajos.	PA1	$\frac{\text{Horas invertidas en planificación}}{\text{Total de horas hombre laboradas}} \times 100$	Porcentaje	Semanal	Jefe de taller	≥ 50	< 50 y > 40	40 ≥
		Cumplimiento del mantenimiento planificado.	Mide la proporción de órdenes de trabajo planeadas que fueron ejecutadas.	Horas de mantenimiento planificado ejecutadas.	PB1	$\frac{O.T.mantenimiento planificado cerradas}{\text{Total O.T.mantenimiento planificado}} \times 100$	Porcentaje	Semanal	Jefe de taller	≥ 95	< 95 y > 90	90 ≥
	Implementar un plan de recuperación del parque ferroviario logrando una mejora en su mantenibilidad.	Número de unidades mejoradas.	Cantidad de equipos fueron sometidos a una renovación de los sistemas que lo componen.	Historial de reparación de los equipos.	PB2	Número de equipos renovados	Unidad	Anual	Jefe de taller	≥ 8	< 8 y > 4	4 ≥
		Tiempo medio de reparación.	Mide el tiempo que se requiere para poner a funcionar un equipo después de que se ha presentado una falla.	Cálculo de tiempo medio de reparación.	PB3	$\frac{\text{Tiempo de reparación}}{\text{Número de fallas}}$	Horas	Anual	Jefe de taller	48 ≥	< 60 y > 48	≥ 60
Aprendizaje y crecimiento	Capacitar al personal para una atención eficaz y oportuna de las actividades de mantenimiento.	Tiempo invertido en capacitaciones.	Registrar las horas invertidas en la capacitación de personal.	Registros de horas de capacitación.	AA1	Horas invertidas en capacitación	Horas	Anual	Director de recursos humanos	≥ 24	< 24 y > 12	12 ≥
		Nivel de satisfacción de los colaboradores.	Mide el grado de satisfacción de los colaboradores mediante el uso de encuestas de carácter no vinculante.	Encuestas aplicadas al personal del Taller Electromecánico.	AB1	$\frac{\text{Colaboradores satisfechos}}{\text{Total de encuestas}} \times 100$	Porcentaje	Anual	Director de recursos humanos	≥ 80	< 80 y > 70	70 ≥
	Minimizar el número de incapacidades causadas por accidentes laborales en el Taller Electromecánico.	Número de actos inseguros.	Número de actos inseguros reportados por el supervisor, coordinadores u otros.	Registros de coordinadores de área.	AA2	$\frac{\text{Cantidad actos inseguros}}{\text{Tiempo}}$	Unidad / Tiempo	Semanal	Director de recursos humanos	6 ≥	< 6 y > 10	≥ 10
		Número de accidentes.	Número de accidentes reportadas por el Taller Electromecánico.	Registros de Gerencia de Operaciones.	AB2	$\frac{\text{Cantidad accidentes}}{\text{Tiempo}}$	Unidad / Tiempo	Anual	Director de recursos humanos	2 ≥	< 5 y > 2	≥ 5

Fuente: Basado en el formato de la Ing. Karla Vega Vindas y adaptado por el autor.

Apéndice 12. Tabla de criticidad de los equipos de la Unidad de Mantenimiento de Vías.

Tipo de máquina	Código	Región	Criterio								Σ	Clasificación
			A	B	C	D	E	F	G	H		
Locomotora	30	GAM	2	1	1	3	2	2	1	3	15	Crítico
Locomotora	39	Pacífico	2	1	1	3	2	2	1	3	15	Crítico
Carro motor	158	GAM	2	1	1	2	1	2	0	1	10	Crítico
Carro motor	222	GAM	2	1	1	2	1	2	0	1	10	Crítico
Carro plano	325	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	326	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	331	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	340	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	348	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	361	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	367	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	440	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Lo boy	1000	GAM	2	1	1	1	1	1	0	1	8	No crítico
Carro plano	1023	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	1029	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	1035	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	1041	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	1046	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	2317	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	2328	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	2398	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro plano	2891	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro regadera	3501	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro regadera	3502	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro regadera	3503	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro regadera	3504	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro regadera	3505	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro regadera	3506	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro regadera	3508	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro regadera	3510	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro regadera	3512	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro regadera	3516	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico

Carro regadera	3519	GAM	2	0	1	1	1	1	0	2	8	No crítico
Carro volteo	3524	GAM	2	0	1	1	1	1	0	3	9	No crítico
Carro volteo	3563	GAM	2	0	1	1	1	1	0	3	9	No crítico
Back hoe	-	GAM	2	1	1	0	2	1	0	3	10	No crítico
Cargador	CC17	GAM	2	1	1	0	2	1	0	3	10	No crítico
Grúa ferroviaria	X02	GAM	3	1	1	1	3	1	0	2	12	Crítico
Niveladora balastro	X04	GAM	0	1	1	1	1	2	0	3	9	Crítico
Calzadora	X06	GAM	0	1	1	2	1	2	2	3	12	Crítico
Excavadora	X15	GAM	3	1	1	1	2	1	0	0	9	No crítico
Speed swing	X27	GAM	3	1	1	1	2	2	0	1	11	Crítico
Carro herramienta	X724	GAM	2	0	1	1	0	1	0	2	7	No crítico
Carro herramienta	X7252	GAM	2	0	1	1	0	1	0	2	7	No crítico
Carro herramienta	X7623	GAM	2	0	1	1	0	1	0	2	7	No crítico

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel 2016).

Apéndice 13. Tabla de criticidad de los equipos de la Unidad de Servicios Generales.

Tipo de máquina	Código	Región	Criterio								Σ	Clasificación	
			A	B	C	D	E	F	G	H			
Camión	110-07	GAM	3	1	1	1	1	1	1	0	0	8	No crítico
Cabezal	110-36	GAM	3	1	1	1	2	1	0	0	9	No crítico	
Cabezal	110-39	GAM	3	1	1	1	2	1	0	0	9	No crítico	
Pickup	110-40	GAM	1	1	0	0	0	1	1	0	4	No crítico	
Sedán	110-42	GAM	1	1	0	0	0	1	0	0	3	No crítico	
Sedán	110-43	GAM	1	1	0	0	0	1	1	0	4	No crítico	
Pickup	110-44	GAM	1	1	0	0	0	1	1	0	4	No crítico	
SUV	110-45	GAM	1	1	0	0	0	1	1	0	4	No crítico	
Sedán	110-46	GAM	1	1	0	0	0	1	0	0	3	No crítico	
Pickup	110-47	GAM	1	1	0	0	0	1	0	0	3	No crítico	
Camión	110-48	GAM	1	1	0	0	0	1	1	0	4	No crítico	
Camión	110-49	GAM	3	1	1	1	1	1	1	0	9	No crítico	
Cabezal	110-50	GAM	3	1	1	1	1	1	1	0	9	No crítico	
Semirremolque	C-127815	GAM	3	1	1	1	2	1	0	0	9	No crítico	
Semirremolque	SR-2572	GAM	3	0	1	1	2	1	0	0	8	No crítico	
Camión	SR-3310	GAM	3	0	1	1	2	1	0	0	8	No crítico	

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel 2016).

Apéndice 14. Tabla de criticidad de los equipos de la Unidad de Transporte.

Tipo de máquina	Código	Región	Criterio								Σ	Clasificación
			A	B	C	D	E	F	G	H		
Coche pasajeros	10	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	12	Pacífico	3	0	0	1	1	1	0	1	7	No crítico
Locomotora	15	Pacífico	1	1	1	2	3	1	0	2	11	No crítico
Coche pasajeros	28	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Locomotora	51	GAM	3	1	2	3	3	3	1	2	18	Crítico
Coche pasajeros	52	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	53	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	54	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	55	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	56	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	57	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	58	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	59	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	65	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	72	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	74	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	75	Pacífico	3	0	0	1	1	1	0	1	7	No crítico
Coche pasajeros	79	Pacífico	3	0	0	1	1	1	0	1	7	No crítico
Locomotora	81	GAM	3	1	2	3	3	3	1	2	18	Crítico
Coche pasajeros	83	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	84	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Locomotora	84	GAM	3	1	2	3	3	3	1	2	18	Crítico
Coche pasajeros	86	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Locomotora	86	GAM	3	1	2	3	3	3	1	2	18	Crítico
Locomotora	87	GAM	3	1	2	3	3	3	1	2	18	Crítico
Coche pasajeros	110	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	111	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	112	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	113	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	114	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Caboose	214	Pacífico	3	0	0	1	1	0	0	1	6	No crítico
Coche autopropulsado	2401	GAM	3	1	2	3	1	2	1	3	16	Crítico

Coche autopropulsado	2404	GAM	3	1	2	3	3	2	3	3	20	Crítico
Coche autopropulsado	2405	GAM	3	1	2	3	3	2	3	3	20	Crítico
Coche autopropulsado	2407	GAM	3	1	2	3	3	2	3	3	20	Crítico
Coche autopropulsado	2409	GAM	3	1	2	3	3	2	3	3	20	Crítico
Coche autopropulsado	2410	GAM	3	1	2	3	3	2	3	3	20	Crítico
Coche autopropulsado	2411	GAM	3	1	2	3	1	3	3	3	19	Crítico
Coche autopropulsado	2413	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2415	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2416	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2423	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2425	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2429	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2451	GAM	3	1	2	3	3	3	1	3	19	Crítico
Coche autopropulsado	2454	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2455	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2457	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2459	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2460	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2461	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2463	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2465	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2466	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2473	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2475	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche autopropulsado	2479	GAM	3	1	2	3	3	3	3	3	21	Crítico
Coche pasajeros	CR300	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche pasajeros	CR400	GAM	3	0	0	1	1	2	0	1	8	Crítico
Coche autopropulsado	UTDE300A	GAM	3	1	2	3	3	3	1	3	19	Crítico
Coche autopropulsado	UTDE300B	GAM	3	1	2	3	3	3	1	3	19	Crítico

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel 2016).


Apéndice 15. Actividades de mantenimiento preventivo, sistema diésel.

Taller Electromecánico					
Actividades de mantenimiento preventivo					
Máquina: Coche autopropulsado FEVE S2400					
Sección: Sistema diésel					
No.	Descripción	PER	FER	DUR	TEC
Árboles cardán					
1	Verificar el apriete de los tornillos de bridas (118±8) Nm, holgura y giro normal, si encuentra anomalías notifique a superior.	A	1	20	1D
2	Engrasar salida del cardán del lado del motor diésel, utilice grasa marina.	A	1	10	1D
Motor diésel					
3	Comprobar el nivel de aceite y de líquido refrigerante, de ser necesario recargue con el fluido correspondiente.	W	52	10	1D
4	Purgar filtro separador, limpie el depósito, sustituya en caso de ser necesario.	W	52	10	1D
5	Comprobar arranque y paro del motor diésel.	W	52	5	1D
6	Cambiar lubricante y filtros de lubricante, utilice 48l de lubricante SAE 15W-40.	C	3	40	1D
7	Comprobar sujeción del tubo de escape, de ser necesario apuntale.	C	3	15	1D
8	Verificar estado de bomba de inyección, revise el conector, verifique la presión de combustible (1 kPa) y compruebe el arrastre.	C	3	30	1D
9	Comprobar paro por actuación de las seguridades del motor, si encuentra anomalías notifique a superior..	C	3	15	1D
10	Revisar estado del tanque de combustible, busque fisuras o agujeros, y purgue el depósito.	C	3	20	1D
11	Verificar estado de filtro de admisión, de ser necesario sustituya el filtro.	A	1	10	1D
12	Sustituir ambos filtros de combustible.	A	1	15	1D
13	Comprobar presión de aceite (300-500 kPa en régimen operativo), si encuentra anomalías notifique a superior.	A	1	10	1D
14	Comprobar sujeción a bastidor, de ser necesario ajuste los anclajes empleando un torquímetro (80 Nm).	A	1	10	1D
15	Comprobar estado de la instalación eléctrica del motor, repare de ser necesario.	A	1	10	1D
16	Comprobar estado de inyectores, de ser necesario sustituya de acuerdo al proceso descrito en el manual del fabricante.	A	1	30	1D
17	Realizar inspección visual del motor, si encuentra anomalías notifique a superior.	A	1	10	1D
18	Revisar estado del cárter, compruebe que el respiradero y de ser necesario re-soque las fijaciones empleando un torquímetro (18±2) Nm y reemplace filtro.	A	1	20	1D

19	Comprobar excentricidad y vibraciones del volante "VULKAN", si encuentra anomalías notifique a superior.	A	1	15	1D
20	Revisar conector de caja EDC y tomar lectura.	A	1	15	1D
21	Lavar motor diésel, con agua caliente a presión.	A	1	30	1D
22	Revisar estado del turbo de acuerdo a lo definido en el manual del fabricante, si encuentra anomalías notifique a superior.	2A	1	15	1D
23	Comprobar juntas y aprietes de porta inyectores, de ser necesario ajuste, emplee un torquímetro (50±5).	2A	1	10	1D
24	Sustituir filtro de agua.	4A	1	15	1D
25	Comprobar compresión del motor mediante el proceso descrito en el manual de fabricante.	4A	1	30	1D
26	Verificar el reglaje de válvulas de acuerdo al proceso descrito en el manual del fabricante.	4A	1	30	1D
27	Comprobar estado de latiguillos de aceite y de combustible, de ser necesario sustituya.	4A	1	40	1D
Circuito de refrigeración					
28	Verificar estado de radiadores, busque fugas o abolladuras, compruebe sujeción, por último lávelo con agua caliente a presión.	C	3	20	1D
29	Verificar funcionamiento de la bomba del circuito hidrostático y el nivel de aceite, de ser necesario rellene.	C	3	30	1D
30	Verificar estado de correas de accionamiento, compruebe tensión (13-14 mm de flexión), de ser necesario sustituya.	C	3	10	1D
31	Verificar estado de manguitos, de ser necesario sustituya el componente.	C	3	10	1D
32	Verificar nivel de líquido refrigerante, de ser necesario rellene (la mezcla debe tener una concentración mínima de 40% de inhibidor de óxido para inhibir el óxido).	C	3	10	1D
33	Sustituir filtro de agua.	4A	1	15	1D
34	Cambiar aceite de circuito hidrostático y filtro de aceite.	4A	1	30	1D
PER: Periodo FRE: Frecuencia DUR: Duración TEC: Técnico					

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.


Apéndice 16. Actividades de mantenimiento preventivo, sistema eléctrico de control.

Taller Electromecánico					
Actividades de mantenimiento preventivo					
Máquina: Coche autopropulsado FEVE S2400					
Sección: Sistema eléctrico de control					
No.	Descripción	PER	FER	DUR	TEC
Alumbrado					
35	Verificar funcionamiento del alumbrado exterior, cambie lámparas dañadas de ser necesario.	C	3	10	1E
36	Verificar funcionamiento del alumbrado interior, cambie lámparas dañadas de ser necesario.	C	3	10	1E
Armarios eléctricos					
37	Comprobar estanqueidad de armarios, repare de ser necesario.	C	3	10	1E
38	Comprobar estado de elementos de armario, ajuste conductores, verifique estado de cableado y relés, sustituya de ser necesario.	A	1	10	1E
Jumper					
39	Verificar estado de latiguillos de comunicación y acoples, sustituya componentes de ser necesario.	C	3	10	1E
Pupitre (panel de control en cabina)					
40	Comprobar fecha y hora en pantalla.	C	3	5	1E
41	Comprobar en pantalla alarma inhibiciones y parámetros de acuerdo a lo establecido en el manual de conducción del equipo.	C	3	5	1E
42	Comprobar funcionamiento alumbrado interior.	C	3	5	1E
43	Comprobar funcionamiento alumbrado exterior.	C	3	5	1E
44	Comprobar funcionamiento pilotos de señalizaciones.	C	3	5	1E
45	Comprobar arranque y paro del motor diésel.	C	3	5	1E
46	Comprobar funcionamiento de hombre muerto.	C	3	5	1E
47	Comprobar estado y funcionamiento de aparatos sobre pupitre.	C	3	5	1E
48	Comprobar funcionamiento de silbato/bocina.	C	3	5	1E
49	Comprobar señalización de puertas y sistema tren dispuesto parada discrecional.	C	3	5	1E
50	Comprobar alumbrado de pupitre.	C	3	5	1E
51	Comprobar apertura y cierre de puertas y la señalización en pupitre.	C	3	5	1E
52	Comprobar funcionamiento de los eyectores de agua del limpia-parabrisas y nivel de agua.	C	3	5	1E
53	Comprobar que es posible controlar el convoy desde ambas cabinas.	C	3	5	1E
PLC					
54	Led de alimentación debe estar encendido, si encuentra anomalía reporte a superior.	C	3	5	1E

55	Led CPU debe estar encendido, si encuentra anomalía reporte a superior.	C	3	5	1E
56	Led SUP debe estar encendido, si encuentra anomalía reporte a superior.	C	3	5	1E
Puertas automáticas					
57	Verificar pulsadores de apertura/cierre de puertas, sustituya de ser necesario.	C	3	10	1E
58	Verificar señalización óptica y acústica al cierre de puertas.	C	3	10	1E
59	Verificar señalización de puertas autorizadas y puerta abierta.	C	3	10	1E
PER: Periodo FRE: Frecuencia DUR: Duración TEC: Técnico					

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.


Apéndice 17. Actividades de mantenimiento preventivo, sistema eléctrico de potencia.

Taller Electromecánico					
Actividades de mantenimiento preventivo					
Máquina: Coche autopropulsado FEVE S2400					
Sección: Sistema eléctrico de potencia					
No.	Descripción	PER	FER	DUR	TEC
Alternador auxiliar					
60	Comprobar estado de manguera del filtro de aire, sustituya de ser necesario.	C	3	10	1E
61	Sustituir filtro de aire.	C	3	10	1E
62	Comprobar tensión de las fajas, sustituya en caso de ser necesario.	C	3	5	1E
Alternador principal					
63	Verificar ajuste de conexiones y el estado de conductores, sustituir de ser necesario.	A	1	10	1E
64	Soplar alternador principal y sus filtros.	2A	1	30	1E
65	Engrase de rodamientos de alternador principal.	4A	1	30	1E
Baterías					
66	Verificar estado de bornes y conexiones, sustituya de ser necesario.	A	1	10	1E
67	Engrasar bornes y puentes de la batería, utilice grasa conductora.	A	1	10	1E
68	Revisar nivel de electrolito de las baterías y rellene de ser necesario.	A	1	10	1E
69	Con ayuda de un multímetro, verifique que el voltaje de las baterías es de $(6\pm 0,3)V$.	A	1	10	1E
Contactores					
70	Revisar estado de contactos fijos y móviles de contactores y relés, si encuentra anomalía reportar a superior.	A	1	10	1E
71	Limpiar cámara apaga chispas de los contactores.	A	1	10	1E
72	Limpiar y engrase contactos y articulaciones de contactores, utilice grasa conductora.	A	1	30	1E
Freno dinámico					
73	Comprobar estado de las conexiones y resistores cerámicos, repare o sustituya de ser necesario.	A	1	15	1E
74	Comprobar estado general del motor ventilador de las resistencias, sustituya de ser necesario.	A	1	15	1E
75	Realizar prueba de excitación de freno eléctrico (prueba chopper).	A	1	15	1E
Motor de tracción					
76	Verificar sujeción y suspensión de motor de tracción, de ser necesario ajuste.	C	3	10	1E
77	Comprobar escobillas y sustituir si el desgaste está próximo a la marca mínima.	C	3	10	1E

78	Verificar que el cableado no roce partes metálicas, de ser necesario se cambian los cables y mangueras aislantes.	C	3	10	1E
79	Sustituir filtro de aire.	C	3	15	1E
80	Comprobar que las escobillas no estén pegadas al porta escobillas.	A	1	10	1E
81	Comprobar que la holgura entre el porta escobillas y la superficie de rozamiento del conmutador sea de 2 mm.	A	1	10	1E
82	Verificar estado de juntas de goma de las tapas, sustituya de ser necesario.	4A	1	10	1E
83	Engrasar rodamientos, utilice grasa marina y aplique con bomba manual.	4A	1	10	1D
Rectificador					
84	Sustituir filtro de aire.	C	3	10	1E
85	Re-socar pernos de sujeción de ser necesario.	4A	1	10	1E
PER: Periodo FRE: Frecuencia DUR: Duración TEC: Técnico					

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

Apéndice 18. Actividades de mantenimiento preventivo, sistema neumático.


Taller Electromecánico					
Actividades de mantenimiento preventivo					
Máquina: Coche autopropulsado FEVE S2400					
Sección: Sistema neumático					
No.	Descripción	PER	FER	DUR	TEC
Acople Scharfenberg					
86	Verificar estado de acoples, latiguillos de conexión y válvulas de paso entre coches, sustituya de ser necesario.	C	3	20	1N
Armarios neumáticos					
87	Verificar estado de elementos de armarios neumáticos (electroválvulas), sustituya de ser necesario.	C	3	20	1N
88	Limpiar armario neumático.	C	3	10	1N
Bocina					
89	Verificar funcionamiento de bocina, revisar latiguillo, sustituya de ser necesario.	C	3	10	1N
Carretillo					
90	Verificar desgaste de zapatas de freno, si el espesor del taco es inferior a 5 mm, sustituya.	W	52	20	1N
91	Comprobar areneros y su correcta proyección de arena, ajuste de ser necesario, recargue con arena de ser necesario.	W	52	15	1N
92	Comprobar estado de los discos de freno (presencia de fisuras o deformaciones), si el desgaste por cara excede 5 mm, sustituya.	W	52	15	1N
93	Verificar los latiguillos de los cilindros de freno y del bastidor del carretillo, si presentan fugas, sustituya.	C	3	10	1N
94	Verificar carrera de embolo de cilindros de freno (trinquete, roles y varilla de empuje, sustituya componentes de ser necesario).	C	3	30	1N
95	Verificar presión máxima de freno los cilindros de freno es de (3,8±0,1) bar.	C	3	5	1N
96	Comprobar estado de timonería de freno y placas de apoyo (presencia de fisuras o deformaciones), si encuentra anomalías repare y comunique a superior.	C	3	10	1M
Compresor					
97	Comprobar nivel de aceite del compresor, rellene de ser necesario utilizando lubricante SAE 80W-90.	W	52	10	1N
98	Comprobar fijaciones del compresor, re-soque de ser necesario.	C	3	10	1N
99	Comprobar latiguillo de salida del compresor, sustituya de ser necesario.	C	3	15	1N
100	Comprobar correas de accionamiento, sustituya de ser necesario.	C	3	10	1N

101	Verificar que el compresor arranca cuando la presión del depósito principal es 7,5 bar y para a los 9 bar.	C	3	10	1N
102	Cambiar aceite del compresor, utilice 2,5 l de lubricante SAE 80W-90.	S	2	30	1N
103	Comprobar embrague del compresor, distancia entre-hierros de 0,8mm a 1mm.	A	1	10	1E
104	Verificar que la válvula de emergencia se abre cuando se alcanza una presión de (10±0,1) bar.	A	1	10	1N
105	Comprobar que el compresor es capaz de cargar el sistema de 0 bar a 9 bar en un periodo de 15 minutos a 650 rpm.	A	1	15	1N
106	Verificar el estado de las válvulas, y del juego biela-cigüeñal, de acuerdo al procedimiento establecido en el manual del fabricante.	A	1	120	1N
Control de fugas					
107	Con el sistema cargado, el compresor apagado y los frenos sin aplicar, revisar que la caída de presión en la TGA, en un periodo de 15 minutos sea menor o igual a 0,7 bar.	C	3	20	1N
108	Con el sistema cargado, el compresor apagado y los frenos aplicados al máximo, revisar que la caída de presión en la TGA, en un periodo de 15 minutos sea menor o igual a 0,8 bar.	C	3	20	1N
109	Con los frenos aplicados al máximo, verificar que la caída de presión en los cilindros de freno, en un periodo de 15 minutos sea igual o menor a 0,1 bar.	C	3	20	1N
Dispositivos de freno de pasajeros					
110	Verificar funcionamiento de dispositivos de freno de pasajeros, precintar de ser necesario.	A	1	15	1N
Dispositivo hombre muerto					
111	Verificar que transcurridos 3s suena señal acústica sin actuar ninguno de los pulsadores.	C	3	5	1N
112	Verificar que transcurridos 35s suena señal acústica con alguno de los pulsadores apretado.	C	3	5	1N
113	Verificar que 3s después de que suena la señal acústica actúan los frenos.	C	3	5	1N
Funcionamiento de frenos					
114	Comprobar si que las zapatas de freno están aplicadas cuando la presión en la TFA es de 4,6 bar y están flojas cuando la presión es de 5 bar.	C	3	5	1N
115	Verificar que en un periodo de entre 3s y 6s se alcanza el 95% de la presión máxima de frenado en los cilindros de freno.	C	3	5	1N
116	Verificar que en un periodo de entre 4s y 7s se libera por completo la presión de los cilindros de freno.	C	3	5	1N
Regulación de presostatos					
117	Verificar que el presostato de la TGA cierra/abre: 6 / 5,5 bar.	C	3	5	1N

118	Verificar que el presostato del freno de estacionamiento cierra/abre: 6 / 5 bar.	C	3	5	1N
119	Verificar que el presostato de la TFA cierra/abre: 4,5 / 4 bar.	C	3	5	1N
120	Mantenimiento y afloje de freno neumático: 4,8 / 4,5 bar.	C	3	5	1N
Secadores de aire					
121	Verificar que cumple ciclo de regeneración (aproximadamente 2 minutos por torre).	C	3	5	1N
122	Limpieza electroválvula purga y engrasar, utilice grasa marina.	C	3	5	1N
123	Limpieza electroválvulas selectoras de torre y engrasar, utilice grasa marina.	C	3	5	1N
124	Comprobar estado sacos de alúmina, sustituya de ser necesario.	C	3	15	1N
Suspensión secundaria					
125	Verificar que la presión de salida de la suspensión neumática es de 3,9 bar.	C	3	5	1N
126	Verificar estado de balonas de suspensión (altura 222-225 mm), busque grietas, desgaste o fugas, sustituya de ser necesario.	C	3	15	1N
127	Verificar funcionamiento de válvulas niveladoras de suspensión, busque fugas, sustituya de ser necesario.	C	3	10	1N
PER: Periodo FRE: Frecuencia DUR: Duración TEC: Técnico					

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

Apéndice 19. Actividades de mantenimiento preventivo, superestructura.

Taller Electromecánico					
Actividades de mantenimiento preventivo					
Máquina: Coche autopropulsado FEVE S2400					
Sección: Superestructura					
No.	Descripción	PER	FER	DUR	TEC
Acople Scharfenberg					
128	Limpiar los acoples con agua caliente a presión y luego engrase, utilice grasa marina.	A	1	20	1M
129	Realizar inspección visual, busque fisuras o deformaciones en el acople, si encuentra anomalías comuníquese a superior.	A	1	10	1M
130	Comprobar funcionamiento y de ser necesario nivele el acople de acuerdo a lo descrito en el manual del fabricante.	A	1	25	1M
Carretillos					
131	Verificar perfil de las ruedas de acuerdo a plantilla, si encuentra anomalías reportar a superior.	A	1	15	1M
132	Realizar inspección visual de corona de giro, busque desgastes, engrase (utilice grasa marina), y si encuentra anomalías comuníquese a superior.	A	1	15	1M
133	Verificar nivel de aceite del cárter de engranajes de los motores de tracción, rellene en caso de ser necesario con lubricante SAE 80W-90.	C	3	15	1D
134	Verificar estado de amortiguadores, muelles y semiblocks (altura de suspensión primaria debe estar dentro de un rango de 208 mm a 223 mm), sustituya componentes de ser necesario.	C	3	30	1M
135	Realizar inspección visual, busque fisuras o deformaciones en el bastidor de los carretillos, si encuentra anomalías reporte a superior.	4A	1	20	1M
Carrocería / Chasis					
136	Comprobar estado de los asientos, repare de ser necesario.	C	3	20	1M
137	Comprobar estado de escobillas limpiaparabrisas, reemplace de ser necesario.	C	3	10	1M
138	Comprobar estado de ventanas, busque reventaduras, revise los empaques, compruebe apertura y cierre (si procede) de ser necesario repare o reemplace según corresponda.	C	3	40	1M
139	Comprobar estado de espejos retrovisores, reemplace de ser necesario.	C	3	10	1M
140	Comprobar estado de fuelle ondulado y pasarela, repare de ser necesario.	C	3	15	1M

141	Lavar chasis por debajo con agua caliente a presión, asegúrese de proteger los armarios eléctricos, al finalizar engrase coronas de giro con grasa marina.	A	1	180	1M
142	Comprobar estado general de la carrocería, busque abolladuras, asideros o pasamanos sueltos, pintura dañada, repare de ser necesario.	A	1	20	1M
Equipo de seguridad					
143	Comprobar fecha de recarga del extintor, envíe a recargar de ser necesario.	T	4	10	1M
144	Comprobar existencia del martillo rompe lunas, reponga de ser necesario.	T	4	10	1M
Enganche intermedio					
145	Verificar apriete en tornillos de semi-bridas del enganche.	A	1	15	1M
Puertas automáticas.					
146	Engrasar riel y bisagras de las puertas (utilice grasa marina).	A	1	20	1M
147	Realizar inspección de agarraderas, bisagras, empaques y picaportes, sustituya o repare los elementos según corresponda.	A	1	20	1M
PER: Período FRE: Frecuencia DUR: Duración TEC: Técnico					

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

Apéndice 20. Distribución de la inversión anual promedio en mantenimiento para equipo de arrastre y equipo tractivo a nivel nacional (2014-2016).

Inversión en mantenimiento (2007-2016)										
Rubro	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Equipos, her	¢6 349 295	¢4 694 976	¢27 163 130	¢19 720 265	¢11 285 738	¢11 725 036	¢5 581 007	¢12 367 469	¢13 762 659	¢7 709 416
Filtros	¢8 515 268	¢1 970 090	¢6 233 537	¢6 805 775	¢895 080	¢4 737 875	¢20 080 778	¢23 264 512	¢8 783 795	¢18 845 029
Lubricantes	¢38 838 260	¢50 146 469	¢98 181 773	¢10 791 504	¢147 720 812	¢1 922 130	¢63 939 817	¢87 886 112	¢48 673 927	¢93 580 606
Materiales	¢22 278 819	¢4 173 530	¢44 536 095	¢47 276 043	¢44 079 087	¢51 222 862	¢38 839 370	¢72 499 371	¢30 602 978	¢65 973 158
Refacciones	¢87 893 896	¢184 533 580	¢40 499 131	¢142 246 117	¢108 743 211	¢132 196 290	¢103 326 611	¢193 885 345	¢154 698 786	¢205 598 006
Talleres exte	¢56 978 431	¢31 789 316	¢50 689 485	¢62 531 844	¢170 172 143	¢81 640 164	¢161 828 650	¢115 442 149	¢69 274 828	¢119 819 942
Zapatatas	¢21 173 683	¢5 070 988	¢15 045 037	¢18 258 719	¢5 056 049	¢17 020 603	¢17 459 630	¢11 989 300	¢160 459 766	¢5 966 400
TOTAL	¢242 027 651	¢282 378 949	¢282 348 188	¢307 630 268	¢487 952 121	¢300 464 959	¢411 055 863	¢517 334 257	¢486 256 738	¢517 492 557

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

Apéndice 21. Lista de materiales para rutina de preventivo del sistema diésel.

Insumo	Cambios	Cantidad	Costo unitario	Total
Lubricante SAE 15W-40	3	48	¢1 670	¢240 535
Filtro de combustible para motor Volvo Penta DH10A, número de parte VOLVO 466987-5. Otra referencia: WIX 33558.	1	2	¢3 915	¢7 831
Filtro de aire para motor Volvo Penta DH10A, número de parte Volvo 1544449. Otra referencia: WIX 42875.	1	1	¢50 835	¢50 835
Filtro tipo racord. Igual o similar al Luber Finer 2040N o WIX 33209.	1	1	¢6 786	¢6 786
Filtro de refrigerante para motor Volvo Penta DH10A, número de parte Volvo 3945411. Otra referencia: Donaldson P554019.	1	1	¢11 733	¢11 733
Faja hermanada, número de parte Volvo 9519741.	1	1	¢79 404	¢79 404
Filtro de aceite hidráulico para motor Volvo Penta DH10A, número de parte VOLVO 6211489. Otra referencia: WIX 51820.	1	1	¢4 946	¢4 946
Filtro de aceite de motor para Volvo Penta DH10A, número de parte VOLVO 466634-3. Otra referencia: WIX 51791, Donaldson P553191, Baldwin B76.	3	1	¢6 369	¢19 106
Manguera continental plicord vapor 3/4" 250psi, acople prensado S43 Hembra Gir JIC 3/4-3/4, adaptador macho NPT 3/4" a JIC 3/4" (848FS).	1	1	¢43 857	¢43 857
Total				¢465 033

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

Apéndice 22. Lista de materiales para rutina de preventivo del sistema eléctrico de control.

Insumo	Cambios	Cantidad	Costo unitario	Total
Silbines para locomotora similar al número de parte 14968-0. 200PAR56. Potencia de 200Watts. Alimentación de 30Voltios. Temperatura Color 2850K. Lúmenes 3700. Terminal con tornillos.	1	2	¢20 000	¢40 000
TUBOS FLUORESCENTES 40 W, 24 V, 2 PINES MODELO TL-D36W/54-76.	3	8	¢689	¢16 531
BOMBILLOS INSTRUMENTOS 24V, 3W, MODELO BA7S.	3	8	¢487	¢11 689
HALOGENOS ALUMBRADO PUERTAS DE SALIDA, 24 V, 20 W, MODELO MR.	1	4	¢4 520	¢18 080
Relé SPDT 5 Pines planos 24VDC c/LED. Modelo OMRON GLR-1-SN	1	12	¢1 733	¢20 800
Total				¢107 100

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

Apéndice 23. Lista de materiales para rutina de preventivo del sistema eléctrico de potencia.

Insumo	Cambios	Cantidad	Costo unitario	Total
Faja industrial hermanada 2/17451TT.	3	1	¢16 950	¢50 850
Felpa para confección filtros de aire de motores de tracción, alternador, generador auxiliar y tableros eléctricos. Tipo Wairfilte o similar calidad.	1	1	¢15 625	¢15 625
Electrolito para baterías densidad 1300. En presentación de galón de 3,78 litros.	1	2	¢5 424	¢10 848
Limpiador de bornes 1500 ml	1	1	¢1 500	¢1 500
Grasa para bornes de batería Würth 100 ml.	1	1	¢10 000	¢10 000
Bornes 17 mm diámetro universal	1	8	¢6 640	¢53 120
Total				¢141 943

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

Apéndice 24. Lista de materiales para rutina de preventivo del sistema neumático.

Insumo	Cambios	Cantidad	Costo unitario	Total
Faja en V B55.	1	2	¢4 591	¢9 182
Pastillas de freno a disco tipo D18 según plano Siderea N°618 compuesto Siderea NS382-C pastilla de freno tipo D18.	3	8	¢27 184	¢652 423
Filtro desecante aire comprimido.	1	2	¢176 899	¢353 798
Arena de río lavada.	52	0,06	¢15 000	¢46 800
Lubricante SAE 80W-90	2	3	¢2 187	¢10 933
Total				¢1 073 137

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.

Apéndice 25. Lista de materiales para rutina de preventivo de superestructura.

Insumo	Cambios	Cantidad	Costo unitario	Total
Grasa NGLI -2 ,cuñete de 54,54 kilos, a base de jabones de litio.	1	1	¢78 000	¢78 000
Brazo escobilla de 14". Marca Freightliner o similar.	1	1	¢35 320	¢35 320
Servicio de recarga de extintores	6	1	¢8 000	¢48 000
Jabón líquido desengrasante Power Degreaser B de Ionics.	1	1	¢9 200	¢9 200
Jabón en polvo de uso industrial Fórmula DX EP de Ionics	1	1	¢2 320	¢2 320
Lubricante SAE 80W-90	1	50	¢2 187	¢109 350
Total				¢282 190

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2016.