

**DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN
CONFIABILIDAD PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO DE UN VEHÍCULO
INTERNATIONAL 4300.**

**RAMÓN ANDRÉS HERRERA MARTÍNEZ
OMAR DANIEL SOTO LUENGAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2018

**DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN
CONFIABILIDAD PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO DE UN VEHÍCULO
INTERNATIONAL 4300.**

**RAMÓN ANDRÉS HERRERA MARTÍNEZ
OMAR DANIEL SOTO LUENGAS**

**Proyecto de grado para optar al título de Especialista en Gerencia de
Mantenimiento**

**Director:
DANIEL ORTIZ PLATA
Especialista Gerencia en Mantenimiento**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2018

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	12
1. MARCO CONTEXTUAL	13
1.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA	13
1.1.1. Misión y Visión	15
1.1.2. Organigrama Póstobon Malambo	16
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2.1. Estado Del Arte	18
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO:	20
1.4. OBJETIVOS.....	21
1.4.1. Objetivos Generales	21
1.4.2. Objetivos Específicos:.....	21
2. MARCO TEORICO	23
2.1. DEFINICION DE MANTENIMIENTO	23
2.2. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	23
2.3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD	24
2.4. FUNCIONES.....	26
2.5. ESTANDARES DE FUNCIONAMIENTO	26
2.5.1. Función Primaria.....	27
2.5.2. Función secundaria.....	27
2.5.3. Funciones comunes de protección	27
2.6. FALLAS FUNCIONALES	27
2.7. TIPOS DE FALLA FUNCIONAL.....	28
2.8. MODOS DE FALLA	28
2.9. EFECTOS DE FALLA	29
2.10. ANALISIS DE RIESGOS.....	30

2.11. CONSECUENCIA DE FALLA	30
3. MARCO CONCEPTUAL	32
3.1. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM).....	32
3.2. CONTEXTO OPERACIONAL	33
3.3. MODO DE FALLA, EFECTOS Y ANÁLISIS DE CRITICIDAD (FMECA)	33
3.4. SISTEMA ELÉCTRICO VEHICULAR	34
3.5. SUBSISTEMA ELÉCTRICO	35
4. MARCO LEGAL	36
5. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	37
5.1. AUDITORIA DEL SISTEMA.....	37
5.2. DEFINICIÓN DE INTERFASES Y FRONTERAS	40
5.2.1. Taxonomía del sistema eléctrico.....	41
5.3. CONTEXTO OPERACIONAL	44
5.3.1. Condiciones Operacionales	45
5.3.2 Condiciones Ambientales.....	45
5.4 DEFINICIÓN DE FUNCIONES:	46
5.5 FALLAS FUNCIONALES	48
5.6 MODOS Y EFECTOS DE FALLAS.....	49
5.7 ANALISIS DE CRITICIDAD	49
5.8 DESCRIPCION DE TAREAS.....	50
5.9 ANALISIS DE CRITICIDAD	61
6. ANALISIS DE RESULTADOS	62
7. CONCLUSIONES.....	64
BIBLIOGRAFIA.....	66

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Misión y visión	15
Figura 2. Estrategia corporativa	16
Figura 3. Estructura Postobón malambo.....	16
Figura 4. Diagrama de flujo del RCM.....	25
Figura 5. Diagrama de decisión proceso RCM	26
Figura 6. Sistema encendido eléctrico vehículos	34
Figura 7. Estadística falla sistemas año 2016.....	38
Figura 8. Estadística falla sistemas año 2017	38
Figura 9. Estadística elementos sistema eléctrico 2016	39
Figura 10. Estadística elementos sistema eléctrico 2017	39
Figura 11. Equipo de trabajo RCM	40
Figura 12. Taxonomía flota Postobón Malambo	41
Figura 13. Taxonomía sistema eléctrico.	42
Figura 14. Diagrama sistema eléctrico.....	43
Figura 15. Criticidad de componentes eléctricos International 4300.....	61

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Condiciones operacionales vehiculos Inter 4300	45
Tabla 2. Condiciones climatológicas de Barranquilla.	45
Tabla 3. Características técnicas y funciones componentes sistema.	47
Tabla 4. Matriz de riesgos.....	50
Tabla 5. Análisis FMECA y definición de tareas para sistema eléctrico international 4300.....	51
Tabla 6. Plan de mantenimiento para el sistema eléctrico vehículos International 4300.....	63

RESUMEN

TITULO: DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO DE UN VEHÍCULO INTERNATIONAL 4300*.

AUTORES: RAMÓN ANDRÉS HERRERA MARTINEZ – OMAR DANIEL SOTO LUENGAS**.

PALABRAS CLAVES: SISTEMA ELECTRICO, MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, INTERNATIONAL 4300, CAMION, ANALISIS DE CRITICIDAD.

DESCRIPCIÓN:

La siguiente monografía plantea el desarrollo de un plan de mantenimiento para el sistema eléctrico en los vehículos de reparto de la compañía Postobon S.A. Se desarrolla un plan de mantenimiento bajo la metodología RCM (Mantenimiento centrado en confiabilidad) implementando la metodología de desarrollo de FMECA (Modos de falla, efectos y análisis de criticidad), con el fin de reducir la cantidad de mantenimientos correctivos, y de esta manera contribuir a planes de acción en la reducción de costos e incrementando la confiabilidad y disponibilidad de los camiones.

Se comparten condiciones operacionales, taxonomía del vehículo, funciones, modos y efectos de falla en el sistema eléctrico de la flota de reparto perteneciente a la compañía Postobon S.A, amparados en el diagrama de decisión de John Moubray, donde se obtuvieron las diferentes tareas de mantenimiento para mitigar o eliminar falla de los elementos seleccionados. Dado, que la compañía actualmente no cuenta con el desarrollo de un plan de mantenimiento para el sistema seleccionado (eléctrico), lo cual es de gran importancia teniendo en cuenta la incursión en el país del Plan Estratégico de Seguridad Vial exigido por el Ministerio de Transportes.

Como resultado del presente estudio, el cual fue desarrollado durante dos años de operación en las instalaciones de Postobon Malambo, se presenta un listado de tareas acompañado de una frecuencia de inspección en los vehículos International 4300.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Daniel Ortiz Plata

ABSTRACT

TITLE: DEVELOPMENT OF A MAINTENANCE PLAN BASED ON RELIABILITY FOR THE ELECTRICAL SYSTEM OF AN INTERNATIONAL 4300 VEHICLE*.

AUTHORS: RAMON ANDRES HERRERA MARTINEZ - OMAR DANIEL SOTO LUENGAS**.

KEYWORDS: ELECTRIC SYSTEM, MAINTENANCE FOCUSED IN REALIBILITY, INTERNATIONAL 4300, TRUCK, CRITICALITY ANALYSIS.

Description:

The following monograph proposes the development of a maintenance plan for the electrical system in delivery vehicles of the company Postobon S.A. A maintenance plan is developed under the RCM (Reliability Centered Maintenance) methodology, implementing the FMECA development methodology (failure modes, effects and criticality analysis), in order to reduce the amount of corrective maintenance, and in this way contribute to action plans in reducing costs and increasing the reliability and availability of trucks.

Operational conditions, vehicle taxonomy, functions, modes and effects of failure are shared in the electric system of the distribution fleet belonging to the company Postobon SA, covered in the decision diagram of John Moubray, where the different maintenance tasks were obtained to mitigate or eliminate failure of the selected elements. Given that the company currently does not have the development of a maintenance plan for the selected system (electric), which is of great importance considering the incursion into the country of the Road Safety Strategic Plan required by the Ministry of Transport .

As a result of the present study, which was developed during two years of operation in the facilities of Postobon Malambo, a list of tasks is presented together with an inspection frequency in the International 4300 vehicles.

* Project of grade

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Specialization in Maintenance Management. Director: Daniel Ortiz Plata

INTRODUCCION

En el marco del desarrollo Teórico-Práctico de la especialización Gerencia de Mantenimiento, el cual hace parte del programa de Postgrados de Ingeniería Mecánica, y al mismo tiempo integra la División de Ingenierías de la Universidad Industrial de Santander, se ha planteado la selección de un tema basado en una necesidad de la compañía donde alguno de los integrantes labore, para llevar a cabo el desarrollo de una monografía donde se coloquen en práctica cada uno de los conocimientos adquiridos durante el tiempo de estudio.

Con el objetivo de llevar a cabo lo anteriormente planteado, se ha optado por desarrollar y consolidar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para el sistema eléctrico de los vehículos International 4300 pertenecientes a la compañía Postobon S.A, con la finalidad de reducir el número de mantenimientos correctivos, aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

La metodología utilizada para el desarrollo de esta monografía consiste, en primera instancia, en la búsqueda de recolección de información técnica y operativa del vehículo seleccionado. Posteriormente, se llevó a cabo el diseño de un mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), implementando la metodología denominada FMECA. Por último, se presenta como resultado el listado de tareas acompañadas de sus frecuencias de inspección, con la finalidad de garantizar una correcta funcionalidad del sistema eléctrico.

1. MARCO CONTEXTUAL

1.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Postobón es una compañía que ha dejado huella en Colombia gracias a su innovación, visión de negocios, capacidad de adaptación y transformación, condiciones que le permiten mantener el liderazgo con compromiso, sostenibilidad y con el desarrollo del país.

La compañía cuenta con la mayor participación de mercado en la industria de las bebidas no alcohólicas en Colombia y es la empresa con capital 100% colombiano más grande en ingresos en este sector.

Cuenta con 113 años de historia en los cuales ha sido pionera en el desarrollo de la mayoría de categorías de bebidas existentes en el mercado colombiano. La compañía cuenta con 66 sedes entre plantas de producción y centros de distribución, los cuales le permiten llegar al 90% del territorio nacional. Su talento humano asciende a cerca de 12.000 personas.

Las fortalezas en ventas y distribución hacen que las bebidas de Postobón se encuentren fácilmente en las tiendas, supermercados, grandes superficies y restaurantes y los hogares colombianos. De igual forma, se pueden adquirir en los Estados Unidos, Reino Unido, Aruba, España, Curazao, Panamá e Italia.

La compañía pertenece a la Organización Ardila Lülle, una de las principales organizaciones industriales de América Latina.

Valores Postobón:

Postobón complementa su estrategia corporativa basándose en valores que generen identidad, que formen parte de la cultura de la organización; valores que definan la forma de actuar e interactuar de sus empleados y los diferencie de los demás, en síntesis, que estén en el ADN de sus empleados y todos sus colaboradores, estos valores son los siguientes:

- Vivimos para ser ejemplo de integridad: honestidad, respeto por las leyes y las normas, legitimidad, transparencia y coherencia.
- Vivimos para dejar huella: pasión compromiso y trascendencia, dejando huella por medio de la transformación de nuestra labor.
- Vivimos en equipo para un mismo reto: trabajando de forma cooperativa, generando sinergias y compartiendo retos.
- Vivimos para marcar la diferencia: innovación efectiva, mejoramiento continuo, abiertos al cambio y la transformación.
- Vivimos para ganar: alta exigencia y estándares de calidad, excelencia en busca del mejor resultado.
- Vivimos por el respeto a nuestra gente: respeto a la dignidad y la integridad física, respeto a los acuerdos con el consumidor y la sociedad, respeto por la diferencia, inclusión y buen trato.
- Vivimos para que te tomes la vida: foco en el mercado, servicio, soluciones y opciones.

Hoy y el futuro: innovar, crecer y ganar

Teniendo presente las conquistas y éxitos del pasado, respetando el legado que dejaron, aprendiendo de su conocimiento y profesionalismo, conservando la mística que ha impregnado el doctor Ardila Lülle, Postobón mira hacia adelante

con innovación, creciendo con decisión y convicción para cumplir su mayor propósito: innovar, crecer y ganar.

1.1.1. Misión y Visión La misión y visión de Postobón según el direccionamiento estratégico de la compañía se encuentran en una MEGA que es una meta poderosa y retadora: “Para el 2024 cuadruplicar sus ingresos” el logro de la MEGA se fundamenta en el pentágono estratégico:

Figura 1. Misión y visión



Fuente: POSTOBON La Historia [en línea] disponible en: <http://www.postobon.com/la-compania/la-historia>

El despliegue estratégico se da comunicando la MEGA, los focos estratégicos y el tema dominante, adicionalmente definiendo unos objetivos estratégicos corporativos:

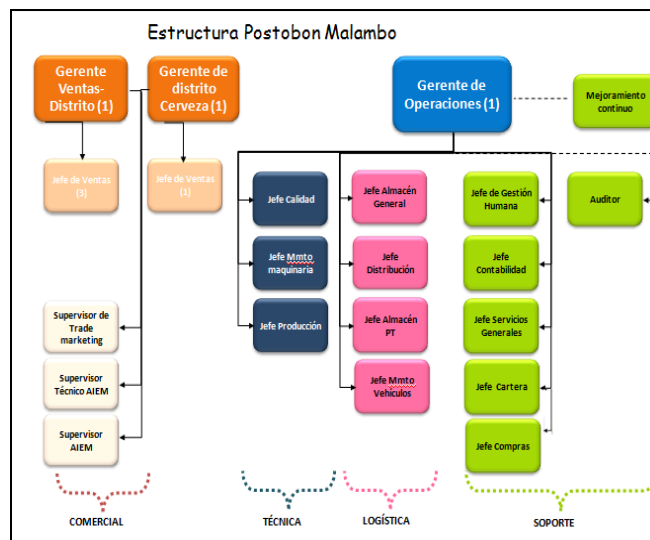
Figura 2. Estrategia corporativa



Fuente: POSTOBON La Historia [en línea] disponible en: <http://www.postobon.com/la-compania/la-historia>

1.1.2. Organigrama Póstobon Malambo

Figura 3. Estructura Postobón malambo



Fuente: POSTOBON La Historia [en línea] disponible en: <http://www.postobon.com/la-compania/la-historia>

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel nacional sobresale la gran capacidad logística y de distribución de Gaseosas Posada Tobón. Actualmente, se cuenta con un sistema de distribución primario y con un sistema de distribución secundario. Se define como sistema de distribución primario, el encargado de la logística entre los centros productores y los centros de distribución, para el transporte del producto a grandes distancias, el cual lo conforman vehículos tracto camiones, gracias a su gran capacidad de carga. Por otro lado, se define como sistema de distribución secundario, el encargado de la logística de un centro productor o distribuidor, hacia los diferentes canales de ventas en los cuales tiene participación la compañía (Tiendas, restaurantes, Hospitales, etc.), conformado por camiones con capacidad máxima de carga de 10 toneladas.

Para la distribución primaria la compañía cuenta con un total de 200 tracto camiones aproximadamente, divididos en grandes marcas como Kenworth, International, Volvo y Mercedes Benz. Para la distribución secundaria se cuenta con un total de 1800 camiones aproximadamente, distribuidos en grandes marcas como International, Chevrolet y Volkswagen. La flota más antigua se encuentra en la distribución secundaria con los camiones Chevrolet Kodiak Modelo 1994, los cuales están siendo reemplazados paso a paso por la marca International.

En la gran mayoría de las operaciones, el mantenimiento de la flota de reparto secundaria es realizado por personal propio. Para esto, en los últimos años se han venido realizando mejoras en cuanto a los diferentes controles exigidos por organismos reguladores en el cumplimiento del plan estratégico de seguridad vial. Se ha venido incursionando en planes de mantenimiento preventivo y predictivo para cada uno de nuestros vehículos. Nuestro estudio, lo enfocaremos en los vehículos ubicados en la mega planta de Postobón Malambo, la cual cuenta con

una flota de reparto en distribución secundaria de 115 camiones. Del total de la flota, el 48% equivale a vehículos International 4300.

Hoy en día, la compañía no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad del sistema eléctrico en ninguno de sus vehículos.

Al ir realizando el proceso de renovación de flota, e ir incursionando al mundo de motores electrónicos, consideramos importante tener un modelo claro de mantenimiento para la preservación y extensión de vida útil de estos equipos.

El presente proyecto desarrolla e implementa un modelo de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad para el sistema eléctrico de vehículos international 4300, debido a las razones presentadas anteriormente.

1.2.1. Estado Del Arte Con la diversificación de los diferentes escenarios del transporte, la evolución de los planes de mantenimiento que se ajustan a los cambios tecnológicos de los camiones se ha vuelto un menester en el área. En aras de aportar una nueva metodología ajustada la necesidad presentada por la empresa Posada Tobón S.A. quien no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para el sistema eléctrico, es propio realizar una modesta inmersión en lo que este tema se ha avanzado a nivel mundial. Es claro que, cada casa matriz de fabricación de vehículos cuenta con bibliografía respecto a los temas relacionados con el camión, así encontramos el manual de servicio, manual de mantenimiento, manual del operario, manual de partes, entre otros boletines propios de las modificaciones que van de la mano de la obsolescencia de las máquinas.

Con la creación de los camiones de combustión interna en 1896, el mundo del transporte se revolucionó, pero no fue sino hasta la segunda guerra mundial cuando se comenzaron a implementar sistemas eléctricos más complejos con

iluminación propia del vehículo, motores de 4, 6 y 8 cilindros y no fue sino hasta los años treinta del siglo pasado cuando se incorporó la utilización de motores diesel para este tipo de vehículos (4). Y fue correspondiente a estos años, cuando International decidió tomar la vanguardia en la construcción de camiones que se ajustasen a los criterios de uso de los clientes, según características propias de localización y trabajo, logrando una producción en línea que a la época no tenía precedentes. Así mismo, los ingenieros de esta empresa desarrollaban nuevos métodos de creación y adaptación de camiones, llegando a invertir grandes sumas de dinero que se materializaron en 1952 en la construcción de su centro de investigación y el primer centro de ofrecimiento de autopartes para el mantenimiento de sus camiones y fue en 1955 cuando se hicieron accesibles las partes relacionadas con el sistema eléctrico¹.

Con la industrialización y producción en masa de los vehículos, la manutención y confiabilidad de los mismos se volvió imperante para las empresas logísticas, es por ello que el diagnostico de los diferentes sistemas de los vehículos dio lugar a metodologías basadas en la efectividad, buen funcionamiento y operatividad de las máquinas. No se hablaba de mantenimiento de las máquinas diferente al correctivo sino hasta la segunda guerra mundial, cuando se comenzó a conciliar la idea del deterioro relacionado a la vida del equipo y el manejo de probabilidades de fallas, comenzando sustituciones preventivas para garantizar la confiabilidad. Luego, dentro de los años ochenta del siglo XX, el mantenimiento dio un paso adelante con el mantenimiento predictivo o detección de fallas a través de sintomatologías incipientes y estudiando a través de análisis de causa raíz (RCA), los orígenes de fallas comunes y recurrentes².

¹ DIETER ACCESORIES. History International trucks [en línea] disponible en: <http://dietersaccessories.com/history-international-trucks/>

² GIRALDO, J. D. Eafit . [en línea] disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4272/JuanDiego_RuizGiraldo_2010.pdf;sequence=1

En lo que respecta a flotas de transporte las diferentes bibliografías son escasas en cuanto a la interpretación de fallas técnicas relacionadas a los sistemas de los vehículos, sobre todo lo que respecta a la detección de fallas a través de mantenimiento preventivo³, creando una oportunidad de Gestión que permitirá mejorar los procesos logísticos a través de la detección y el tratamiento preventivo de fallas eléctricas en la flota Tipo 2 de Posada Tobón S.A.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO:

La división de logística y distribución de la compañía, ha realizado la creación de índices de gestión, en las diferentes áreas de mantenimiento vehículos en cada una de sus sedes a nivel nacional. Dentro de los índices creados, sobresale la ejecución de planes de mantenimiento preventivo en cada uno de los vehículos asignados a cada planta. Si bien actualmente existen dichos planes de mantenimiento preventivo, no existe el desarrollo de una metodología basada en confiabilidad para cada uno de los sistemas del vehículo. Para lo cual, se ha seleccionado el sistema con mayor número de inconvenientes generados para una correcta operación de nuestros vehículos.

Actualmente el sistema eléctrico en los vehículos de reparto está generando la mayor cantidad de paradas por mantenimiento correctivo (60% de mantenimiento correctivo se debe a fallas del sistema eléctrico), siendo los subsistemas como batería, arranque y alternador los de mayor incidencia; afectando también tiempos de entregas del producto (1 hora en promedio de atención en el lugar donde el vehículo presenta la falla), tiempo de retorno a planta por parte de las zonas distribuidoras y nivel de exposición del personal propio de mantenimiento fuera de la compañía.

³ MARTINEZ, C. E. Universidad tecnológica de Pereira. [en línea] disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/819/6200046S586ds.pdf?sequence=1>

Por lo tanto, el presente trabajo tiene como finalidad reducir costos y mejorar los índices de mantenimiento correctivo en los sistemas eléctricos de los vehículos International en un 50%. Adicionalmente, preservar la imagen corporativa de la empresa en los distintos puntos de la ciudad y dar ingreso a un tipo de mantenimiento de clase mundial.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivos Generales. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para el sistema eléctrico de vehículos International 4300.

1.4.2. Objetivos Específicos:

- Establecer las funciones de cada uno de los subsistemas del sistema eléctrico, sus parámetros de operación y determinar las posibles fallas que puedan presentar cada uno de sus componentes.
- Obtener información operativa y de diseño del sistema y subsistemas eléctricos, estableciendo un análisis de modos y efectos de falla, para el desarrollo de la metodología FMECA (Failure mode, effects and criticality analysis).
- Establecer nivel de criticidad en cada uno de los elementos que conforman cada subsistema, para un correcto funcionamiento del sistema eléctrico.
- Determinar edad identificable donde se presenta un rápido crecimiento en la probabilidad de falla, estableciendo tareas de mantenimiento basados en la implementación del diagrama lógico de decisiones de un RCM (Reliability Centered Maintenance), para la eliminación de correctivos de mayor recurrencia en la actualidad.
- Presentar a la división nacional de mantenimiento de Gaseosas Posada Tobon, un sugerido de componentes y marcas de fabricante del sistema eléctrico para

realizar las diferentes tareas de mantenimiento, con base en la relación COP/Rendimiento.

2. MARCO TEORICO

2.1. DEFINICION DE MANTENIMIENTO

Son todas aquellas acciones las cuales se orientan para la conservación de un sistema y/o equipo a su correcto estado de operación, para el cumplimiento de una función determinada, brindando un beneficio económico a la compañía y cumpliendo estándares de calidad.⁴

2.2. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

La evolución del mantenimiento se ha dado a través de diferentes etapas, siendo la primera de ellas el Mantenimiento reactivo, el cual consistía en realizar reparaciones en caso de averías. Solo se inspeccionaba el equipo cuando se presentaba algún tipo de falla, sin realmente hacer el estudio de ocurrencia de esa falla. Posteriormente, se da lugar al origen del mantenimiento preventivo, el cual, consistía en intervenir las maquinas antes de presentarse la falla, estableciendo intervalos fijos de duración de componentes. Aproximadamente, en los años sesenta se da origen a una nueva etapa de mantenimiento, el mantenimiento productivo, el cual, incluía principios del mantenimiento preventivo, teniendo como valor agregado la inclusión de planes de mantenimiento para toda la vida útil del equipo. Lo cual, básicamente era la optimización de recursos destinados a mejorar la fiabilidad y mantenibilidad de los equipos. Finalmente, sobre los años setenta se da el origen del mantenimiento productivo total (TPM). El cual incorpora un nuevo concepto, a los anteriores mencionados, y es el mantenimiento autónomo, el cual

era realizado por los mismos operarios de producción, logrando una participación activa de todos los empleados en una compañía, incursionando nuevas herramientas e índices de seguimiento a los planes de mantenimiento como lo fueron el Mantenimiento basado en el tiempo y el mantenimiento basado en condiciones. Actualmente, se ha logrado tener una integración de diferentes conceptos en las etapas de diseño de un elemento como lo son la confiabilidad y la mantenibilidad, resaltando el costo de ciclo de vida desde el diseño hasta la disposición final del activo.⁵

2.3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Técnica para la elaboración de un plan de mantenimiento basado en fiabilidad. Sus inicios se dan en el sector de la aviación, donde el elevado costo de mantenimiento, a causa del reemplazo de piezas amenazaba con la rentabilidad de las diferentes compañías aéreas. Al obtener excelentes resultados dentro de esta industria, fue implementada en el campo industrial⁶.

Según la norma SAE JA1011 un mantenimiento centrado en confiabilidad nos garantiza cuales son las tareas de inspección adecuadas para cualquier activo físico, pero que debe cumplir 7 preguntas básicas para poder denominarlo RCM:⁷

¿Cuáles son las funciones o estándares de ejecución deseados para el equipo que se está analizando?

1. ¿Cuáles son las fallas funcionales del equipo?

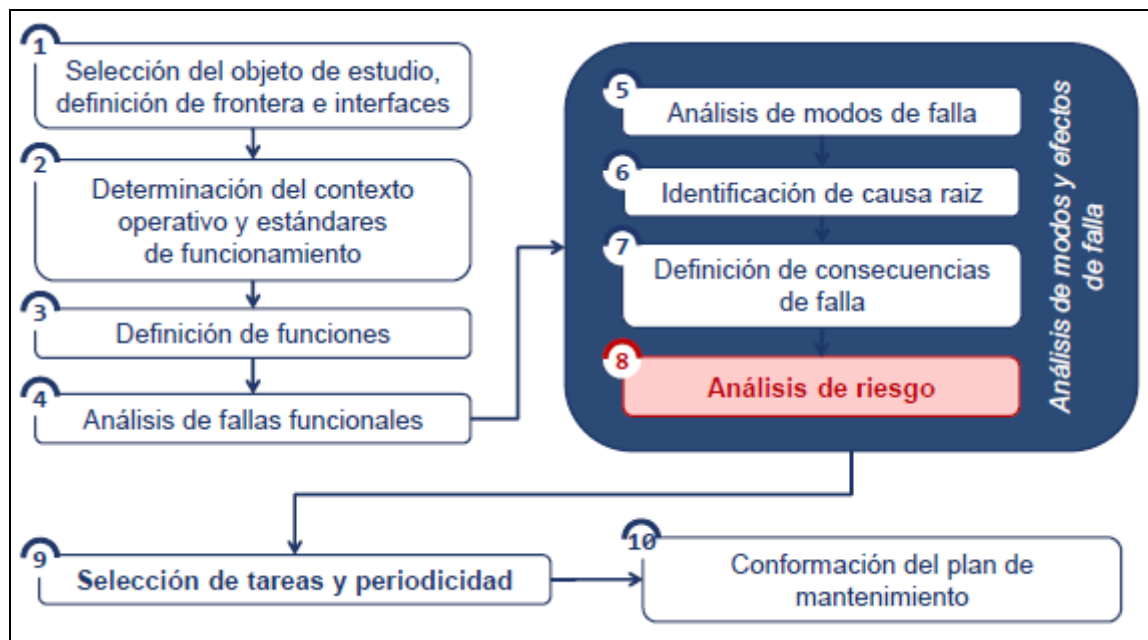
⁴ SERTRANS. Sertrans SA servicio de transportes. [en línea] disponible en: <http://www.sertrans.es/trasporte-terrestre/historia-y-evolucion-del-camion-de-mercancias/> abgerufen

⁵ VERGARA, Jaime. Introducción conceptos de mantenimiento – gestión de activos, 2012, página 7.

⁶ LEFCOVICH, Mauricio. TPM mantenimiento productivo total: Un paso más hacia la excelencia empresaria

2. ¿Cuáles son las posibles causas de las fallas funcionales?
3. ¿Cuáles son los efectos de cada una de las fallas?
4. ¿Cuáles son las consecuencias de cada una de las fallas?
5. ¿Qué se puede hacer para predecir o prevenir la falla?
6. ¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea para evitar la falla? (LIBRO EN INGLÉS)

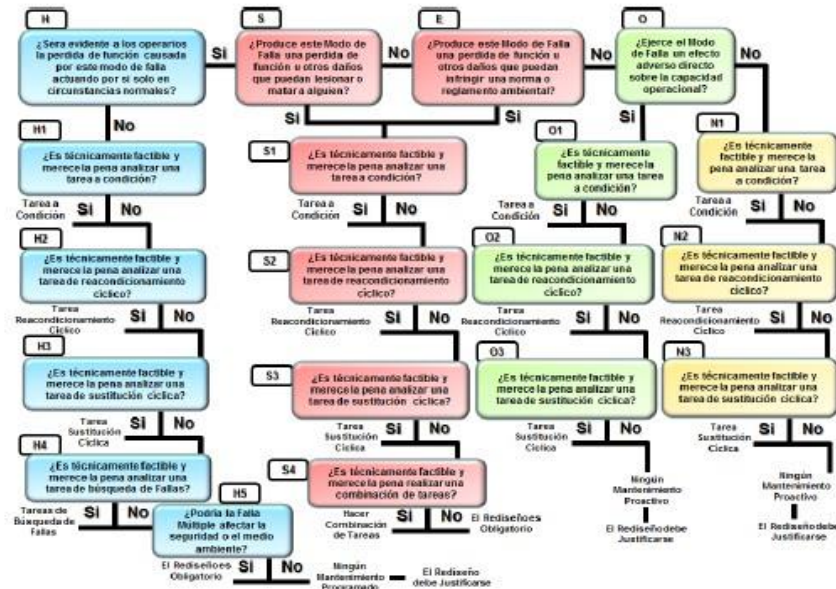
Figura 4. Diagrama de flujo del RCM



Fuente: ORTIZ, daniel. El metodo: Diagrama de flujo del RCM.

⁷ GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento. Manual práctico para la implementación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial 2003.

Figura 5. Diagrama de decisión proceso RCM



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Asheville, North Carolina: Ed. Aladon, P 204-205

2.4. FUNCIONES

Se entiende por función ese estado que se quiere preservar para que el activo continúe realizando lo que el usuario quiere que haga. Es, por ende, que John Moubray define una función de la siguiente manera: “Una función consiste de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario”.⁸

2.5. ESTANDARES DE FUNCIONAMIENTO

A raíz de la definición planteada, surge el concepto de estándar de funcionamiento, el cual, se define básicamente en dos pasos:

⁸ NORMA SAE JA1011. Evaluation criteria for Reliability-Centered Maintenance Processes (RCM). 1999.

- Definir las funciones que el usuario quiere que realice el activo.
- Definir la capacidad propia del activo.

Existen 3 tipos de funciones, la cuales se adecuan de acuerdo al contexto operacional en que sean requeridas. Las funciones, son el primer paso para la realización de un mantenimiento basado en confiabilidad, y se definen de la siguiente manera:

2.5.1. Función Primaria. Se define como función primaria por ser la razón principal por la que es adquirido el activo físico, son las razones por las cuales existe el activo, por lo general son identificables con el nombre de este. Para la mayoría de los activos, se relaciona con función primaria términos como velocidad, capacidad de almacenamiento y volumen⁹.

2.5.2. Función secundaria. Se definen como secundarias, aquellas funciones menos obvias pero que su falla puede originar grandes consecuencias, en ocasiones hasta más severas que la pérdida de una función principal.¹⁰

2.5.3. Funciones comunes de protección. Son funciones asignadas como prevención, mediante la anticipación a situaciones peligrosas. Generalmente, son avisos generados en el equipo, como alerta de que algo no anda bien.

2.6. FALLAS FUNCIONALES

La norma SAE JA1011 define una falla como el estado de un activo en el cual no puede realizar una función determinada con un nivel de desempeño deseable¹¹.

⁹ ORTIZ Daniel, El método: Diagrama de flujo del RCM. En: Especialización gerencia de mantenimiento. Barranquilla. UIS.

¹⁰ NOWLAN, F.STANLEY. Reliability-Centered Maintenance. UnitedAirlines San Francisco, California.

La falla funcional por su parte, se define como la inhabilidad de un activo para cumplir un estándar de funcionamiento deseable por el usuario (9).

2.7. TIPOS DE FALLA FUNCIONAL

Pérdida total de la función:

Capacidad del activo que se deteriora lo suficiente como para caer debajo del funcionamiento deseado.

Pérdida parcial de la función:

Situación en la que el activo, habiéndose deteriorado significativamente, aún está sobre el nivel de funcionamiento requerido por el usuario.

Funcionamiento erróneo:

Estado en el cual el activo se encuentra funcionando bien, no ha corrido a falla pero sus resultados no son los esperados¹².

2.8. MODOS DE FALLA

Suele definirse como el evento que puede causar la falla funcional de un activo físico.¹³ Es de resaltar que, para toda manifestación de los modos de fallas, deben ser manejados antes de que ocurra, o por lo menos deben estar preparados y saber cómo debería ser manejado. Una vez un modo de falla ha sido identificado es posible considerar qué sucede cuando ocurre, evaluar consecuencias, y decidir

¹¹ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad (II). Asheville, North Carolina. 2004

¹² COVENIN 2270:.. Comités de Higiene y Seguridad Industrial.Integración y Funcionamiento. 1995

¹³ DELCOREMY. Manual de procedimientos diagnósticos. pendleton, usa. 2005

si debiera hacerse algo para anticipar, prever, detectar, corregir o hasta rediseñar
¹⁴.

Categorías de modos de falla

- Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado.
- Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial.
- Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere.

2.9. EFECTOS DE FALLA

Los efectos de la falla describen qué pasa cuando ocurre un modo de falla. La descripción de estos efectos debe incluir toda la información necesaria con la finalidad de aportar en la investigación de una falla. Al describir los efectos de una falla, debe estar presente la siguiente información:

- La evidencia de que se ha producido una falla.
- Registros de que la falla puede convertirse en una amenaza para la seguridad o medio ambiente.
- La manera en que afecta la falla el contexto operacional.
- Los daños físicos producidos por la falla.
- Pasos a seguir para reparar la falla.

Los efectos de las fallas deben ser bien descritos, para permitirles a las personas encargadas del RCM, si en condiciones normales de operación, es evidente para

¹⁴ MARSHALL, J. Warwick University 2012. [en línea] disponible en: http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/ftmsc/modules/modulelist/peuss/slides/section_10b_fmea_lecture_slides_compatibility_mode.pdf

el equipo de trabajo observar la pérdida de una función a causa del modo de falla¹⁵.

2.10. ANALISIS DE RIESGOS

Se define riesgo como la medida del potencial de pérdida (económica, lesión o daño) en términos de la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado junto con la magnitud de las consecuencias¹⁶ (12).

Estos riesgos suelen clasificarse en:

- Poco probable
- Remota
- Ocasional
- Frecuente

2.11. CONSECUENCIA DE FALLA

Una consecuencia de falla produce una afectación a la compañía incrementando costos operativos, ya que, se puede ver afectada la producción, calidad del producto, un cliente, la seguridad, el medio ambiente. Una consecuencia de falla puede definirse como la descripción de cómo y cuánto importa la afectación de un proceso. Si la consecuencia es seria, entonces se realizarán esfuerzos para evitar, eliminar o minimizar las consecuencias. Por otro lado, si la consecuencia es menor, simplemente una vez ocurra la falla se realiza la respectiva reparación. Dentro de un RCM para cada consecuencia, debe existir una tarea proactiva que

¹⁵ MOUBRAY, J. Mantenimiento Planificado. Recuperado el 2017, de Soporte & CIA.: hivos/RCM2%20EXPLICACION.pdf

¹⁶ RAUSAND, M., & Vatn, J. Reliability centred maintenance. Londres: Springer-Verlag 2008

sea físicamente posible de realizar, con el fin de reducir esa consecuencia y no se vea afectada la integridad de la compañía.

Existen diferentes tipos de consecuencias de acuerdo al tipo de función evidente u oculta que se presente. A continuación, se presenta la relación de cada una:

- Consecuencia a raíz de una falla oculta
- Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente
- Consecuencias operacionales
- Consecuencias no operacionales

3. MARCO CONCEPTUAL

En la consecución de la presente monografía se hace necesario contar con claridad en los conceptos y fácil entendimiento del contenido desarrollado, además de acotar el área de impacto del presente trabajo. Por lo anterior se proponen los siguientes conceptos fundamentales:

3.1. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)

El mantenimiento centrado en la confiabilidad se define como un método de mantenimiento programado, que, a través de una serie de rigurosos procedimientos, determina frecuencias de intervención en las máquinas. Dentro de sus mayores ventajas consiste en la capacidad que este brinda de trazar el tipo óptimo de mantenimientos preventivos, que basados en una serie de modos de fallas y análisis de causa raíz, todo con el fin de realizar una óptima consecución de repuestos, disminución y forma de abordar los correctivos y las consideraciones logísticas consideradas a los temas anteriores.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad, como tecnología, está pensado para encontrar, definir y programar los requerimientos de los activos. El RCM trabaja para la adhesión o supresión de tareas en el proceso de mantenimiento que se hacen esenciales para la consecución de planes más estructurados que permitan dar altos porcentajes de disponibilidad y confiabilidad a los sistemas que se le aplique este método.

3.2. CONTEXTO OPERACIONAL

El contexto operacional se refiere al entorno en el que funciona el equipo, se debe definir claramente las condiciones de operación, según la SAE JA1011, sección 5.5.1: las funciones, los modos de falla, las consecuencias de falla y las políticas de manejo de fallas que serán aplicadas a cualquier activo dependerán no solo de cuál es el activo, sino también de las circunstancias exactas bajo las cuales será utilizado.

El contexto operacional es un elemento principal del RCM, dentro de la construcción del contexto operacional se debe incluir todo lo referente a modos de utilización, sitio de utilización y los criterios de desempeño global de la máquina. (15).

3.3. MODO DE FALLA, EFECTOS Y ANÁLISIS DE CRITICIDAD (FMECA)

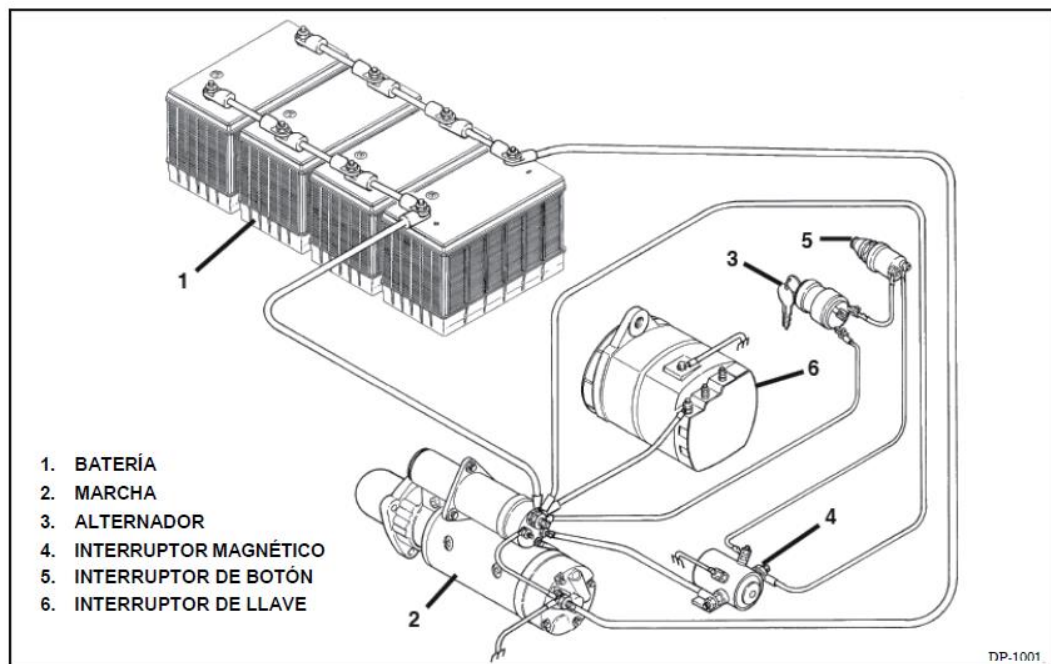
El FMECA (por sus siglas en inglés) se define como un paso a paso para la identificación de posibles fallas en sistemas mixtos tales como diseños, procesos de ensamblado y manufactura, incluso en el área de servicios, permitiendo encontrar las bases de los análisis de causa de raíz de fallas (RCA), para realizar las acciones correctivas que a largo plazo definirán la criticidad de los componentes a cargo y facilitar la investigación del proceso en todas sus etapas. Este método fue implementado en primer lugar por la NASA, quienes buscaban mejorar y verificar la confiabilidad de los diferentes hardwares del programa espacial. (14) Ampliamente aceptado a nivel mundial FMECA facilita la identificación de los causantes de los problemas de confiabilidad del sistema, además de ayudar a priorizar y focalizar labores en componentes de alto riesgo. La ventaja de la utilización de este tipo de metodología en el planteamiento de esta monografía, es la facilitación de detalle de las interrelaciones entre los

sistemas de los vehículos, para la identificación de potenciales focos de fallas causados por el sistema eléctrico.

3.4. SISTEMA ELÉCTRICO VEHICULAR

El sistema eléctrico para prestación de carga pesada se puede dividir en dos subsistemas, uno correspondiente a al almacenamiento de energía y el otro correspondiente al sistema de arranque. Estos mismos a su vez se descomponen en baterías, alternador, motor de arranque, conexiones intermedias, interruptores eléctricos y Mecánicos. (13) Este sistema permite el vencimiento de la inercia del motor para poder iniciar la marcha del vehículo, lo cual es vital para el funcionamiento del vehículo. Lo anterior mencionado lo podemos observar en la siguiente imagen:

Figura 6. Sistema encendido eléctrico vehículos



Fuente: DELCOREMY, 2005

3.5. SUBSISTEMA ELÉCTRICO

El subsistema eléctrico vehicular se encuentra desglosado en diferentes ramales eléctricos que conectan los elementos de funciones mayores dentro del sistema eléctrico vehicular. Entre estos podemos clasificar estos grupos **circuito de arranque, circuito del solenoide, circuito de carga y circuito del relevador auxiliar.** (13) El primero son los cables de mayor calibre y son los que llevan la corriente al motor de arranque, por su parte el segundo son una serie de cable que conectan la batería con un interruptor magnético y el motor de arranque. El tercero consiste en el cableado que va del alternador a la batería y el circuito de retorno y por último el cuarto circuito consiste en un sistema de redundancia que conecta la batería con el interruptor y el arranque.

4. MARCO LEGAL

- ISO 9001:2000, Sistema de Gestión de Calidad.
- ISO 14001:2004, Sistema Integrado de Calidad.
- OHSAS 18001:2007, Sistemas de gestión de salud y seguridad laboral.
- SAE JA1011 (“Criterios de evaluación para los procesos RCM”)
- SAE JA1012 (“Guía para el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) Estándar”).

5. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

En primera instancia, se plantea obtener información operativa del sistema eléctrico en los vehículos international 4300, a través de manuales de partes y manuales de operación, con el fin de conocer información técnica y condiciones de operación de cada elemento. Se planea realizar el diseño de un mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) implementando la metodología de desarrollo FMECA, iniciando por establecer los límites del sistema eléctrico de los vehículos, organizando cada subsistema con sus entradas y salidas. Luego, se desglosará cada subsistema eléctrico con el fin de determinar el nivel de criticidad.

Por último, se establecerán modos y efectos de falla, descripciones de tarea a realizar y frecuencias de inspección basados en la obtención de datos con fechas y horas motor de los equipos, en la cual se registró la última falla del mismo; con el fin de evitar que el componente falle y garantizar la entrega del producto sin ningún contratiempo. Todos estos datos se encuentran tabulados, gracias al seguimiento que se ha venido realizando en el departamento de mantenimiento vehículos por iniciativa propia, para generar un valor a cada una de las actividades que se realizan.

5.1. AUDITORIA DEL SISTEMA

Actualmente, los vehículos international 4300 no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad para el sistema eléctrico. Dentro del seguimiento diario realizado a cada uno de los motivos de inoperatividad de los vehículos en ruta, se obtuvo como resultado en los años 2016 y 2017 que el sistema eléctrico era el que más afectaba la operación y la

tendencia crecía un 38% de un año a otro; en las figuras 7 y 8 se puede apreciar los resultados:

Figura 7. Estadística falla sistemas año 2016

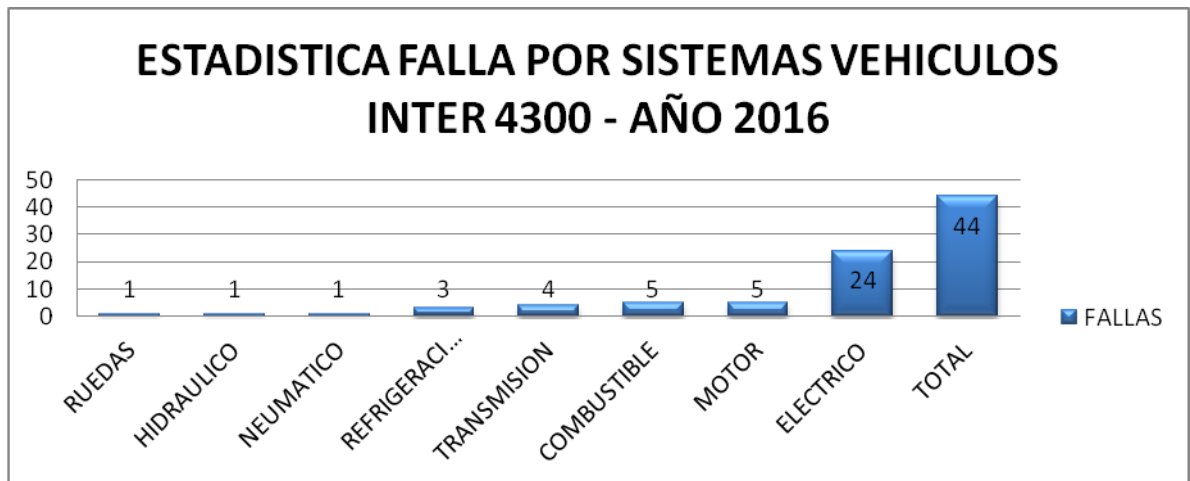
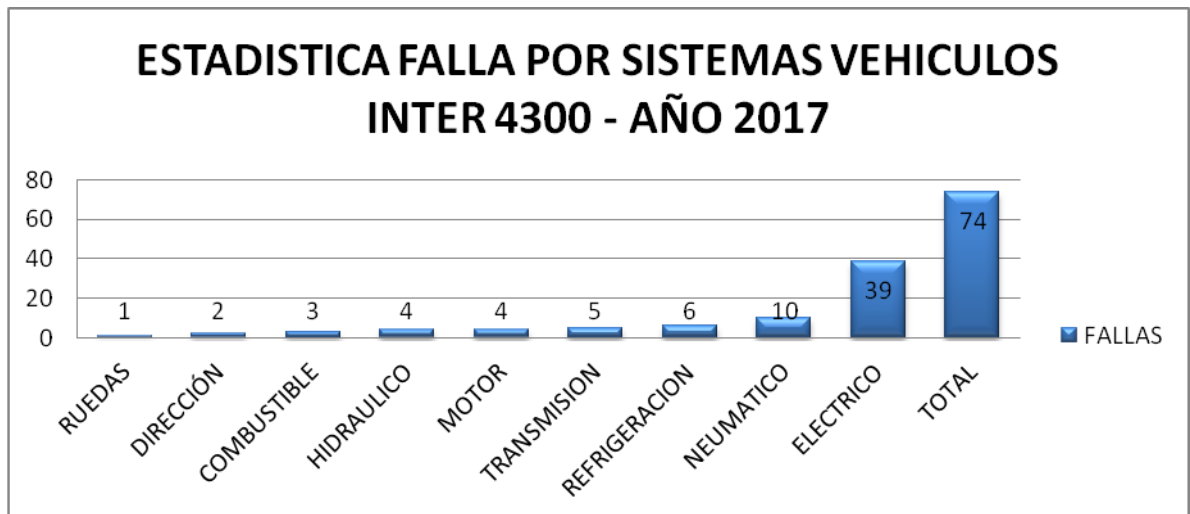


Figura 8. Estadística falla sistemas año 2017



Teniendo en cuenta que el sistema eléctrico era el de mayor oportunidad de mejora, procedimos a identificar que elementos del mismo estaban generando el mayor número de paradas en ruta. En las figuras 9 y 10 se observa la relación:

Figura 9. Estadística elementos sistema eléctrico 2016

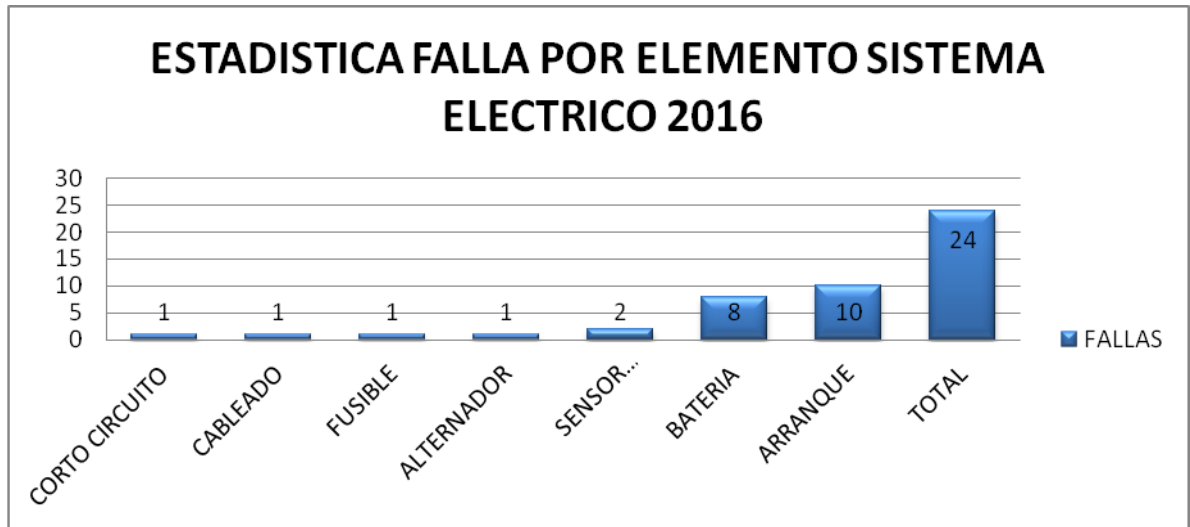
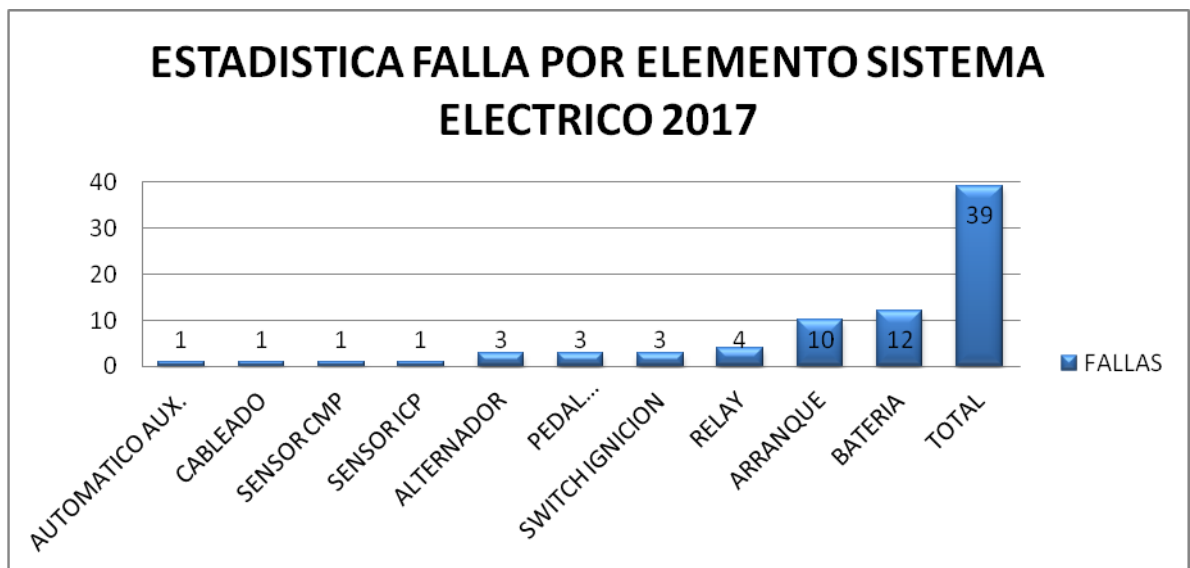


Figura 10. Estadística elementos sistema eléctrico 2017

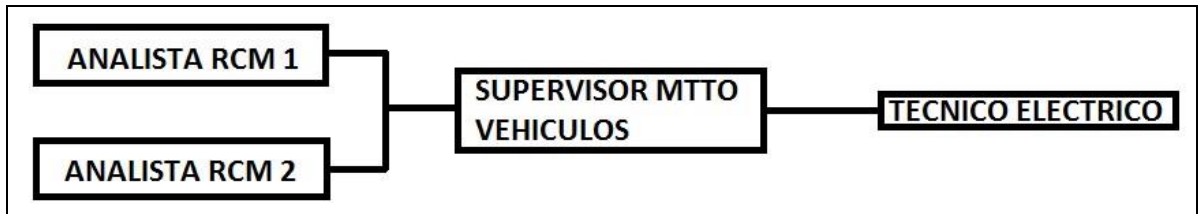


De las graficas 9 y 10 encontramos patrones que se repiten, como es el caso de las baterias y el motor de arranque, siendo estos elementos lo de mayor repercucion en las paradas en ruta.

Basados en el histórico de fallas y en base a las metodologías compartidas durante el desarrollo de la especialización, se procede a realizar el diseño de un

mantenimiento centrado en confiabilidad utilizando la herramienta FMECA. Para la realización de esta metodología se estableció el siguiente equipo de trabajo conformado por integrantes del área de mantenimiento vehículos de la compañía Postobón S.A, con sede en Malambo.

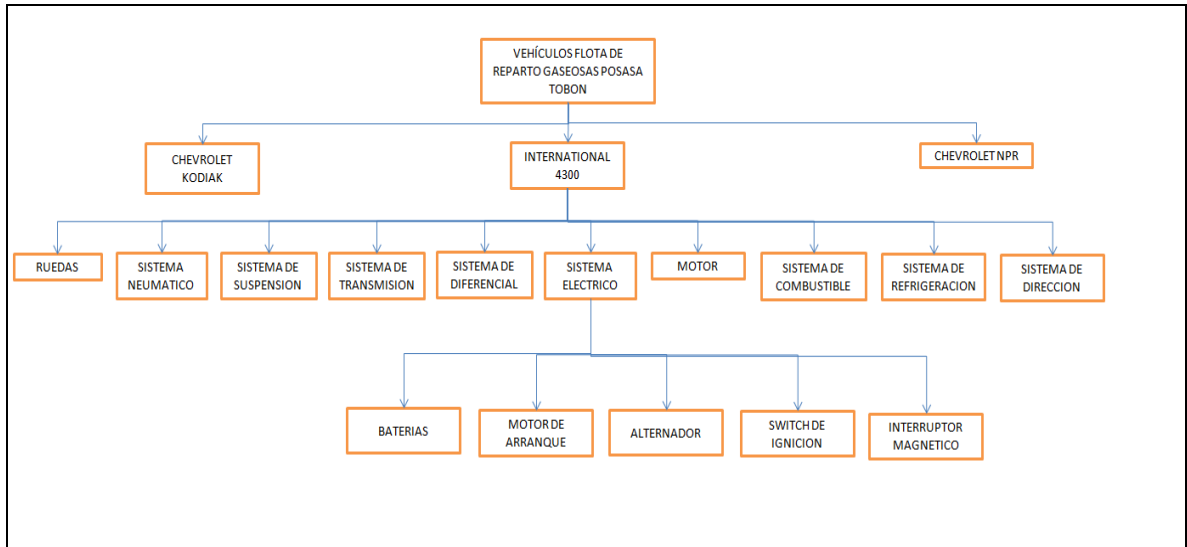
Figura 11. Equipo de trabajo RCM



5.2. DEFINICIÓN DE INTERFASES Y FRONTERAS

Para la flota de reparto de Gaseosas Posada Tobón, se selecciona el tipo de vehículo International 4300, ya que se están realizando renovaciones de flota a nivel nacional emigrando a este tipo de vehículo. En la figura 12 se establece la taxonomía de los vehículos que componen la flota de reparto.

Figura 12. Taxonomía flota Postobón Malambo

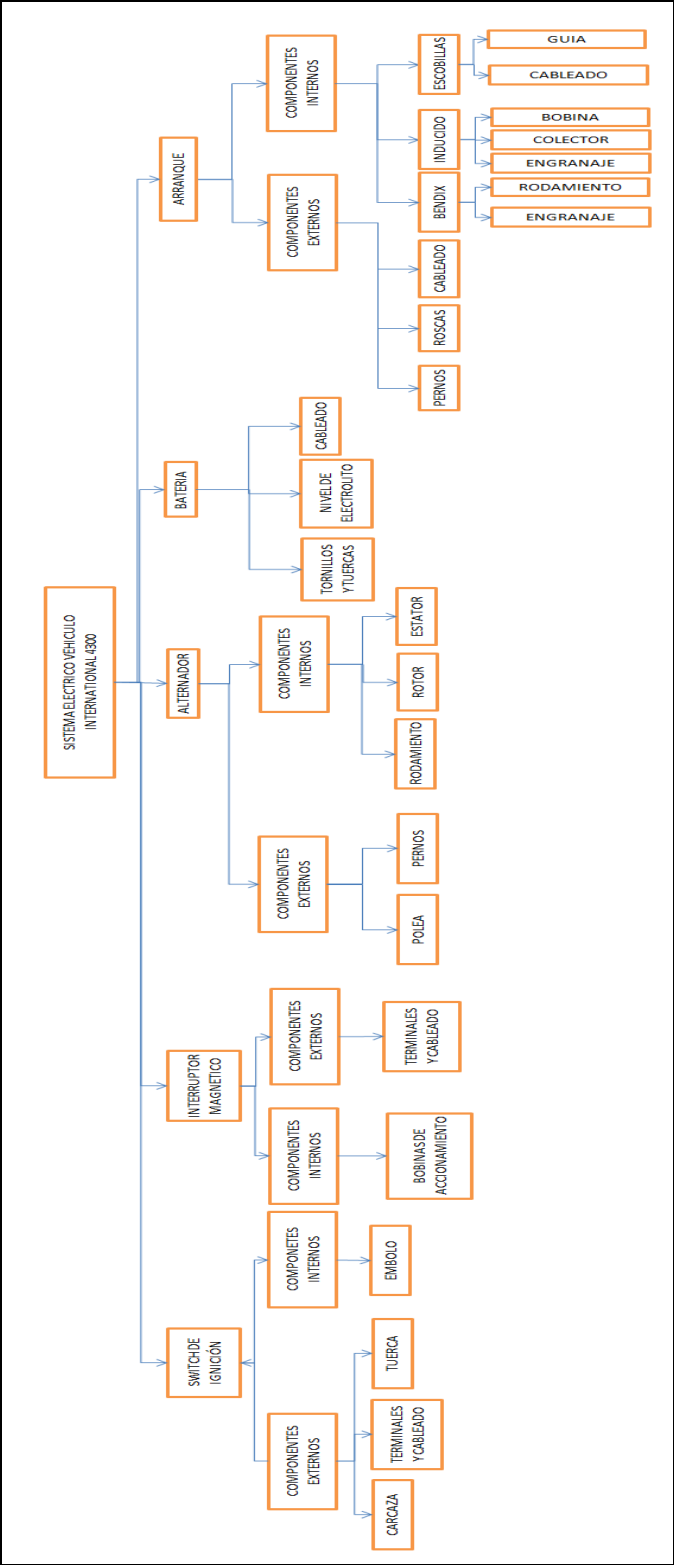


5.2.1. Taxonomía del sistema eléctrico. El sistema eléctrico se compone de 5 elementos principales que son:

- Baterías.
- Motor de arranque.
- Alternador.
- Switch de ignición.
- Interruptor magnético.

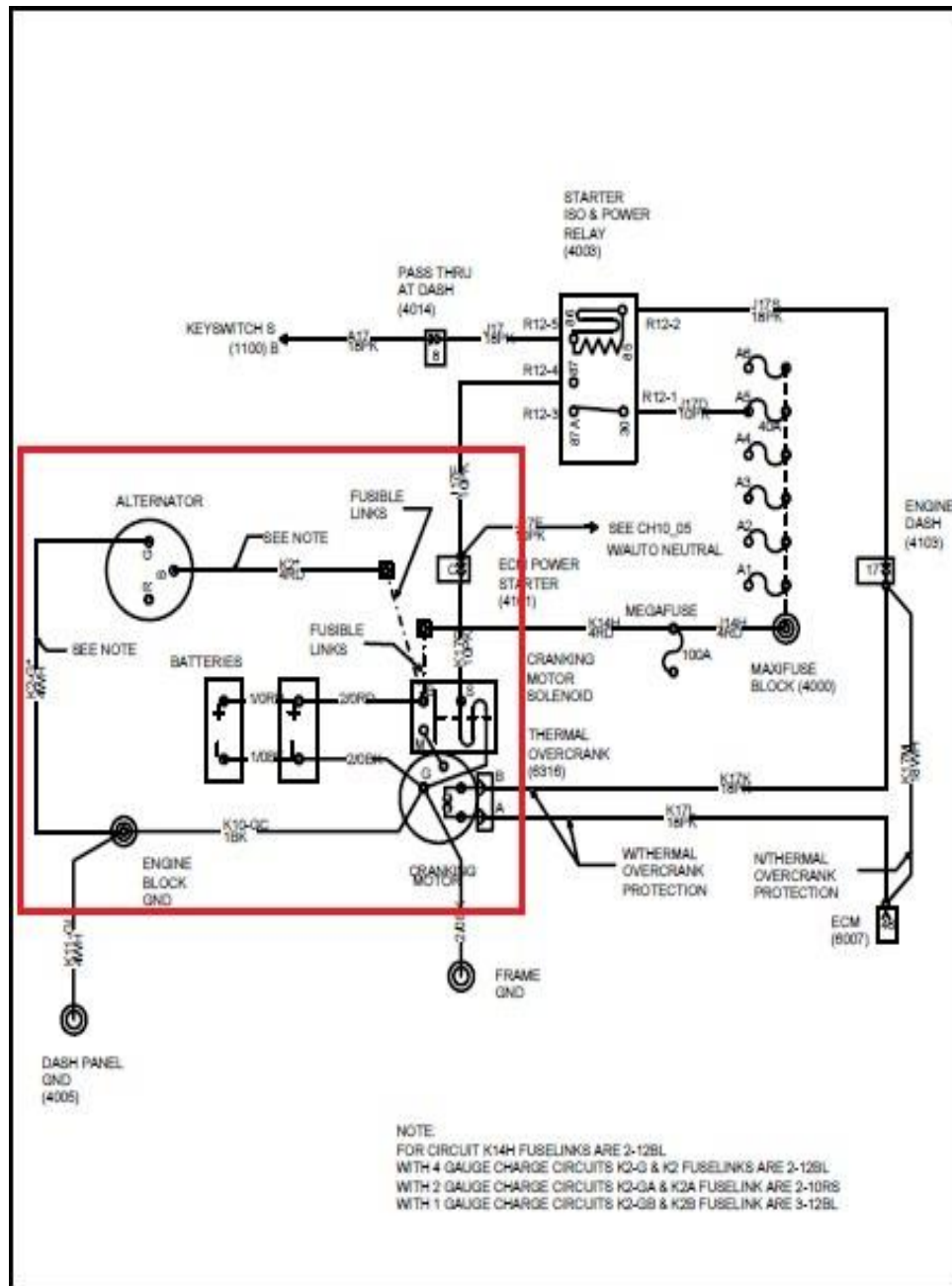
Estos elementos serán materia de estudio de nuestra monografía, en la figura 13 observamos la taxonomía del sistema eléctrico:

Figura 13. Taxonomía sistema eléctrico.



En el sistema eléctrico de los vehículos International 4300 se establecen las siguientes interfaces y fronteras de acuerdo al diagrama presentado a en la figura 14:

Figura 14. Diagrama sistema eléctrico.



Fuente: Service manual sección, international S08285.

5.3. CONTEXTO OPERACIONAL

El contexto operacional de la flota de vehículos de reparto de la empresa Postobon, consiste en transportar y realizar entrega de producto propio en diferentes puntos de la ciudad donde se encuentren asignados, bajo la normatividad de la legislación nacional (Código nacional de tránsito, ley 1383 de 2010).

Los vehículos de reparto deben garantizar la entrega de un producto en buen estado y sin contaminación. Es por ende que, basados en la gestión de calidad, los vehículos son fumigados contra todo tipo de plagas y adicionalmente sus compartimientos son inspeccionados diariamente para garantizar que se cumpla esta condición, como medida adicional al cronograma de lavado que se debe ejecutar mensualmente.

Una de las metas de la compañía, es garantizar la presencia de cada uno de sus productos en diferentes puntos del País. Por este motivo, la planta de Postobon Malambo debe cubrir por completo cada rincón del departamento del atlántico, lo cual obliga a tener en tránsito a cada uno de los vehículos para la entrega del producto a tiempo. Sin lugar a duda, los terrenos por los cuales transita un vehículo de reparto, son terrenos difíciles y en ocasiones con paso restringido. Se ven expuestos a ascensos y descensos pronunciados, carreras pavimentadas, carreteras sin pavimentar, las cuales en tiempos de lluvia se convierten en terrenos de difícil tránsito.

5.3.1. Condiciones Operacionales

Tabla 1. Condiciones operacionales vehiculos Inter 4300

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
Capacidad de carga	10	Toneladas
Velocidad máxima (Ciudad)	60	Kilómetros/Hora
Número de tripulación	3	Personas
Cantidad promedio clientes	50	Clientes
Kilómetros recorridos	100	Kilómetros/Día
Horas Motor	4	Horas/Día
Cantidad Vehículos Postobon Malambo	125	Vehículos de reparto
Consumo promedio combustible	9	Kilómetros/Galón

5.3.2 Condiciones Ambientales El objeto de estudio se centra en el casco urbano de la ciudad de Barranquilla, tomando como estudio los vehículos ubicados en la Mega planta de producción de Postobon Malambo. Los cuales, se ven expuestos a diferentes condiciones climáticas, de los cuales se desprenden algunos factores como corrientes naturales de agua, elevadas temperaturas, cambios drásticos de temperatura, presenta un alto porcentaje de humedad. Al encontrarse rodeada por el mar, presenta índices de salinidad considerables, lo cuales afectan la estructura (Chasis-Rines-Cabinas) de los vehículos de reparto.

Tabla 2. Condiciones climatológicas de Barranquilla.

CONDICION	UNIDAD
Altitud	30 m.s.n.m
Temperatura Promedio Anual	27,4 °C
Temperatura Máxima promedio Anual	32,3 °C
Temperatura Mínima promedio Anual	24 °C
Precipitación promedio Anual	821 mm
Porcentaje de Humedad	80%
Presión Atmosférica	757 mmHg
Brillo Solar	213

5.4 DEFINICIÓN DE FUNCIONES:

A continuación, se presentan los elementos de estudio, características técnicas de los elementos, condiciones operaciones, condiciones ambientales, la descripción, interfaces y funciones de los principales elementos del sistema eléctrico como base para la realización de un análisis de modos y efectos de falla:

Tabla 3. Características técnicas y funciones componentes sistema.

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	INTERFASES (Entradas/Salidas)	Cód. Fun.	FUNCIONES
1. BATERIA (REF: 31T1100SF)	Dim.: Largo: 329 mm - Ancho: 171 mm - Alto: 238 mm	Baterías de mantenimiento medio. Se componen de plomo-calcio a través de una malla en placas negativas y a través de plomo- antimonio en una malla en placas positivas. Usan un poco menos de agua que las baterías de tapones de relleno pero sustancialmente más que las baterías libres de mantenimiento. 	Apertura por parte del Switch de encendido para el paso de corriente	1.1	Suministrar a motor de arranque un amperaje máximo de 1600 amperios en el momento del encendido.
	Voltios: 12			1.2	Suministrar 12 v a los accesorios del equipo y estabilizar el sistema cuando la demanda eléctrica excede la generación de energía que puede producir el alternador.
	Arranque: 940 amperios		Almacenar y proporcionar energía necesaria para el sistema eléctrico	1.3	
	Tipo de Borne: C - Diámetro: 95 mm		Transfiere energía almacenada para el accionamiento del Interruptor Magnético	1.4	Contener herméticamente el ácido.
2. MOTOR DE ARRANQUE (REF: 39 MT DELCO REMY)	Sistema eléctrico de acoplamiento suave. Sistema de engranes embrague de piñón	Motor eléctrico auxiliar cuya función es realizar el movimiento del motor térmico hasta que el vehículo accione la marcha. 	Recibe señal de accionamiento por parte del Interruptor magnético	2.1	Generación del campo magnético que permita el accionamiento del engranaje de salida con el volante del motor.
	Peso: 14 Kg.		Transformación de energía eléctrica en energía mecánica para el accionamiento del motor		
	Voltios: 12V		Giro del volante para el encendido del motor	2.2	Vencer la inercia del motor haciendo girar el cigüeñal por una vez y lograr que complete el ciclo de encendido.
	Potencia: 9,0 Kw				
3. ALTERNADOR (REF: LEECE NEVILLE INTERNATIONAL A L TRUCK 3574171C92)	Voltios: 12	Elemento encargado de proporcionar la corriente eléctrica necesaria que garantice la carga de las baterías y a su vez garantizar el suministro de corriente a todos los sistemas eléctricos que lo requieran. 	Recibe energía mecánica por medio de una correa trapezoidal del motor	3.1	Producir energía necesaria para el accionamiento del sistema eléctrico del vehículo en un rango de 13.5 y 14.5 voltios.
	Amperaje: 110		Rectificación y regulación de voltaje para cargar la batería	3.2	Rectificar la corriente alterna en corriente directa a 12 V para suministrarla a la batería.
	Peso: 19 Kilogramos		Generación de energía para realizar carga de batería y el funcionamiento del sistema eléctrico en un rango de 13.5	3.3	Regular el voltaje a 12V que suministra a la batería.
4. SWITCH DE IGNICION (REF: INTERNATIONAL TRUCK 3545580C1)	Voltios: 12	Dispositivo encargado de proporcionar el paso de corriente, para el encendido del vehículo y sus accesorios. 	Ingreso de llave única para la apertura del circuito	4.1	Proporcionar paso de corriente para el encendido del vehículo y sus accesorios
	Amperaje: 110		Permitir el paso de la corriente hacia las baterías y los accesorios del sistema eléctrico		
5. INTERRUPTOR MAGNETICO (REF: DELCO REMY ARRANQUE 39MT)	Voltios: 12	Dispositivo encargado de relevar la entrada de voltaje al motor de arranque, asegurando que el solenoide reciba el voltaje máximo disponible en cualquier condición de arranque. 	Recepción de energía almacenada en baterías	5.1	Relevar la entrada de voltaje al motor de arranque para que reciba el máximo voltaje disponible en cualquier condición de arranque (la caída de voltaje al salir del Switch de ignición depende de la cantidad de accesorios que tenga el vehículo, sin embargo, la bobina del interruptor magnético puede activarse con mínimo 8V, es decir con una caída máxima de 4V).
	Peso: 0.25 Kilogramos		Entrega de energía necesaria para la condición de arranque		

5.5 FALLAS FUNCIONALES

Para el desarrollo de fallas funcionales, se tiene en cuenta la descripción de cada una de las funciones establecidas según las fronteras establecidas en los subsistemas eléctricos. A continuación, se presenta las diferentes fallas funcionales establecidas por cada elemento:

Batería:

- No suministra el valor necesario de 600 amperios.
- No suministra la suficiente energía para estabilizar el sistema.
- No suministra a los accesorios los 12 V.
- No contiene herméticamente el ácido.

Motor de arranque:

- No genera el campo magnético.
- No vence la inercia del motor.

Alternador:

- No se encuentra en el rango de 13,5 - 14,5 v para mantener la carga optima de la batería.
- No realiza la rectificación de corriente.
- No realiza regulación de corriente directa.

Switch de ignición:

- No cierra el circuito.

Interruptor magnético:

- No realiza relevo de voltaje.

5.6 MODOS Y EFECTOS DE FALLAS

Modo y descripción de efectos, se desarrolla basados en las siguientes reglas:

Modos de falla: Deben contener como mínimo un sustantivo y un verbo. Se utilizan verbos que indican causas precisas.

Efectos: Evidencia, amenaza para la seguridad y medio ambiente, afectación de la operación, daños físicos, costos estimados y plan de acción para el modo de falla.

5.7 ANALISIS DE CRITICIDAD

Se procede a tomar como guía la matriz de riesgos usada por el área de Gestión de Calidad y la suministrada en el desarrollo de la clase mantenimiento centrado en confiabilidad, y poder establecer el nivel de criticidad de cada uno de los elementos que conforman el sistema eléctrico de los vehículos international 4300.

Para el desarrollo de la criticidad de cada componente del sistema eléctrico, se realizó una calificación de riesgo utilizando como variables las consecuencias y probabilidad de ocurrencia, para las diferentes fallas funcionales en cada uno de los entornos de riesgo (Ambiental, Humano, Económico e Imagen). A continuación, se puede observar la relación de criticidad de cada uno de los componentes:

Tabla 4. Matriz de riesgos

CONSECUENCIAS				CONSECUENCIA		PROBABILIDAD					
HUMANAS	AMBIENTALES	COSTOS (COP)	IMAGEN			IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE
Mas de un muerto	Efectos irreversibles	>100M	Internacional	Catastrofico	1	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Incapacidad permanente	Efectos irreversibles en menos de 2 años	ENTRE 100M - 10M	Nacional	Critico	2	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Incapacidad temporal	Efectos reversibles en menos de 6 meses	ENTRE 10 M- 1M	Regional	Marginal	3	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Lesiones	Efectos pueden ser controlados	ENTRE 1M-.05M	Local	Insignificante	4	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Nunguna	No afecta el medio ambiente	<0.5M	Ninguno	Ninguno	5	A5	B5	C5	D5	E5	F5
						> 10 Años	< 10 Años	< 5 Años	< 2 Años	< 6 Meses	± 1 Mes
						A	B	C	D	E	F

5.8 DESCRIPCION DE TAREAS

A continuación, se presenta el análisis de mantenimiento basado en confiabilidad, donde se aprecia la última etapa en mención junto con la frecuencia establecida por cada actividad:

Tabla 5. Análisis FMECA y definición de tareas para sistema eléctrico internacional 4300.

Elemento de estudio	Descripción del elemento de estudio	Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód.. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económ	R. Imagen	Criticidad	Valor económico del riesgo (COP)	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (Horas)	RECURSOS	Cod. Tarea
BATERÍA (REF 31T1100 SF)	Baterías de mantenimiento medio. Se componen de plomo-calcio a través de una malla en placas negativas y a través de plomo-antimonio en una malla en placas positivas. Usan un poco menos de agua que las baterías de tapones de relleno pero sustancialmente mas que las baterías libres de mantenimiento.	1	1.1. Suministrar a motor de arranque un amperaje mínimo de 600 amperios al momento del encendido del motor.	1.1.1.	No suministra el valor mínimo de 600 amperios	1.1.1. 1	Cables agrietados por fatiga	Producción de chispas que pueden originar un conato de incendio, producción de picos de corriente que afectan las señales recibidas por el modulo de control electronico afectando la funcionalidad del mismo (Alteración de parametros) y la disponibilidad del equipo para el departamento de distribución. Se debe empalmar cables afectados o realizar cambio de arnés. Pérdida Aproximada \$8.000.000	SI	D4	C4	C3	F3	8	\$8.000.000	Reacondicionamiento ciclico	Desconexion de ramal electrico - limpieza de conectores - tension o ajuste de cableado - Verificación de señales.	500	Técnico Eléctrico	H2
BATERÍA (REF 31T1100 SF)	Baterías de mantenimiento medio. Se componen de plomo-calcio a través de una malla en placas negativas y a través de plomo-antimonio en una malla en placas positivas. Usan un poco menos de agua que las baterías de tapones de relleno pero sustancialmente mas que las baterías libres de mantenimiento.	1	1.1. Suministrar a motor de arranque un amperaje mínimo de 600 amperios al momento del encendido del motor.	1.1.1.	No suministra el valor mínimo de 600 amperios	1.1.1. 2	Baterías descargadas por conexiones defectuosas	Instrumento de medicion del tablero indica voltaje de baterías inferior al valor de 10 V, produciendo un sobre esfuerzo del motor de arranque acelerando el desgaste de sus componentes internos. Origina retraso en la entrega del producto y en algunos sectores coloca el peligro de la tripulación ante cualquier robo. Se debe inspeccionar mensualmente cada una de las conexiones. Pérdida aproximada \$1.200.000	SI	F5	F5	F3	F3	10	\$1.200.000	Reacondicionamiento ciclico	Realizar pruebas de medicion con el instrumento probador de carga DHTC - Realizar limpieza de conexiones	100	Técnico Eléctrico	H2

BATERÍA (REF 31T1100 SF)	Baterías de mantenimiento medio. Se componen de plomo-calcio a través de una malla en placas negativas y a través de plomo-antimonio en una malla en placas positivas. Usan un poco menos de agua que las baterías de tapones de relleno pero sustancialmente mas que las baterías libres de mantenimiento.	1	1.1. Suministrar a motor de arranque un amperaje mínimo de 600 amperios al momento del encendido del motor.	1.1.1.	No suministra el valor mínimo de 600 amperios	1.1.1. 3	Batería descargada por bajo nivel de electrolito	Inspección visual con instrumento denominado densímetro, para establecer el valor de la densidad del electrolito. Si la densidad es baja, produce daño de las placas internas de la batería, pérdida de capacidad de arranque, calentamiento placas de batería. Origina reducción considerable en la vida útil de la batería, lo que producirá un reemplazo acelerado. Se convierte en una amenaza tóxica para el medio ambiente por su composición de metales pesados. Se debe garantizar condiciones para mantener nivel óptimo de electrolito. Pérdida aproximada \$500.000	SI	C4	C5	C5	E3	6	\$500.000	Tarea a condición	Registrar valor de densidad del electrolito (Nivelar de ser necesario)	500	Técnico Eléctrico	H1
BATERÍA (REF 31T1100 SF)	Baterías de mantenimiento medio. Se componen de plomo-calcio a través de una malla en placas negativas y a través de plomo-antimonio en una malla en placas positivas. Usan un poco menos de agua que las baterías de tapones de relleno pero sustancialmente mas que las baterías libres de mantenimiento.	1	1.1. Suministrar a motor de arranque un amperaje mínimo de 600 amperios al momento del encendido del motor.	1.1.1.	No suministra el valor mínimo de 600 amperios	1.1.1. 4	Borne aislado por sulfatación	Formación de costra de suciedad alrededor de los bornes, originando un aislamiento de alimentación eléctrica, produciendo pérdida de fuerza para el accionamiento del motor de arranque y baja intensidad en las luces del tablero. El contacto con la piel puede causar quemaduras, se debe realizar limpieza con agua y adicionar una crema antisulfatante. Este modo de falla afecta la correcta operación del sistema eléctrico. Pérdida aproximada \$500.000	SI	D4	E5	E4	E3	8	\$500.000	Reacondicionamiento ciclico	Desmontaje de baterías - Limpieza de caja de almacenamiento - Limpieza de bornes - Instalación de aros antisulfatantes	250	Técnico Eléctrico	H2

BATERÍA (REF 31T1100 SF)	Baterías de mantenimiento medio. Se componen de plomo-calcio a traves de una malla en placas negativas y a traves de plomo-antimonio en una malla en placas positivas. Usan un poco menos de agua que las baterías de tapones de relleno pero sustancialmente mas que las baterías libres de mantenimiento.	1	1.1. Suministrar a motor de arranque un amperaje minimo de 600 amperios al momento del encendido del motor.	1.1.1.	No suministra el valor minimo de 600 amperios	1.1.1. 5	Batería descargada por cumplimiento de ciclo de vida.	Equipo probador de baterías indica ciclo de vida del elemento, arrojando resultado de la capacidad química y perdida de reserva de energía. El desecho de baterías se convierte en una amenaza tóxica para el medio ambiente por su composición de metales pesados. Se presenta retraso en el proceso de cargue de los vehículos en el interior de la compañía. Al tener baterías descargadas, se procede a realizar una mala practica la cual es iniciarlo con otro vehículo, corriendo el riesgo de afectar partes electronicas. Se debe tener claro un estimado en horas de duración de la batería, para evitar llegar a falla. Perdida aproximada \$500.000	SI	D4	D5	D4	D4	7	\$500.000	Sustitución ciclica	Desmontaje de baterías - Montaje de baterías nuevas - Instalación de aros antisulfatantes	2000	Técnico Eléctrico	H3
BATERÍA (REF 31T1100 SF)	Baterías de mantenimiento medio. Se componen de plomo-calcio a traves de una malla en placas negativas y a traves de plomo-antimonio en una malla en placas positivas. Usan un poco menos de agua que las baterías de tapones de relleno pero sustancialmente mas que las baterías libres de mantenimiento.	1	1.1. Suministrar a motor de arranque un amperaje minimo de 600 amperios al momento del encendido del motor.	1.1.1.	No suministra el valor minimo de 600 amperios	1.1.1. 6	Placas desgastadas por cavitación	Soporte defectuoso o en mal estado para la correcta sujeción de la batería, produciendo variaciones de voltaje en el sistema y generando cavidades de vapor al encontrarse el liquido en movimiento, dando inicio a desgaste de placas, fractura de carcaza y corto circuito entre placas, afectando elementos electronicos del sistema. Ante esta novedad, se debe garantizar el correcto estado de la base y cada uno de los soportes. Perdida aproximada \$700.000	SI	E4	E3	E4	E3	10	\$700.000	Tarea a condición	Revisión de soportes y ganchos de ajuste - Realizar ajuste de ser necesario.	250	Técnico Eléctrico	H1
BATERÍA (REF 31T1100 SF)	Baterías de mantenimiento medio. Se componen de plomo-calcio a traves de una malla en placas negativas y a traves de plomo-antimonio en una malla en placas positivas. Usan un poco menos de agua que las baterías de tapones de relleno pero sustancialmente mas que las baterías libres de mantenimiento.	1	1.1. Suministrar a motor de arranque un amperaje minimo de 600 amperios al momento del encendido del motor.	1.1.1.	No suministra el valor minimo de 600 amperios	1.1.1. 7	Sistema electrico sobrecargado por Adicion de accesorios	Genera mayor consumo del alternador, disminucion de vida util del alternador y reduccion de la vida util de las baterías, sobrecarga de la capacidad de los cables conductores puede producir conato de incendio. Me genera afectación en la disponibilidad de los equipos. Se debe respetar los capacidad maxima recomendada por el fabricante. Pérdida aproximada \$2.500.000	SI	F4	F4	F3	F3	10	\$2.500.000	Tarea a condición	Realizar pruebas de carga del sistema - Reevaluar consumo de energia en accesorios	500	Técnico Eléctrico	H1

BATERÍA (REF 31T1100 SF)	Baterías de mantenimiento medio. Se componen de plomo-calcio a traves de una malla en placas negativas y a traves de plomo-antimonio en una malla en placas positivas. Usan un poco menos de agua que las baterías de tapones de relleno pero sustancialmente mas que las baterías libres de mantenimiento.	1	1.2. Estabilizador de voltaje del sistema electrico	1.2.1.	No suministra la suficiente energia para estabilizar el sistema	1.2.1. 1.	Bateria descargada por bajo nivel de electrolito	Inspección visual con instrumento denominado densímetro, para establecer el valor de la densidad del electrolito. Si la densidad es baja, produce daño de las placas internas de la batería, perdida de capacidad de arranque, calentamiento placas de batería. Origina reducción considerable en la vida útil de la batería, lo que producirá un reemplazo acelerado. Se convierte en una amenaza tóxica para el medio ambiente por su composición de metales pesados. Se debe garantizar condiciones para mantener nivel optimo de electrolito. Perdida aproximada \$500.000	SI	C4	C5	C5	E3	6	\$500.000	Tarea a condición	Registrar valor de densidad del electrolito (Nivelar de ser necesario)	500	Técnico Eléctrico	H1
BATERÍA (REF 31T1100 SF)	Baterías de mantenimiento medio. Se componen de plomo-calcio a traves de una malla en placas negativas y a traves de plomo-antimonio en una malla en placas positivas. Usan un poco menos de agua que las baterías de tapones de relleno pero sustancialmente mas que las baterías libres de mantenimiento.	1	1.2. Estabilizador de voltaje del sistema electrico	1.2.1.	No suministra la suficiente energia para estabilizar el sistema	1.2.1. 2.	Bateria descargada por cumplimiento de ciclo de vida.	Equipo probador de baterías indica ciclo de vida del elemento, arrojando resultado de la capacidad química y perdida de reserva de energia. El desecho de baterías se convierte en una amenaza tóxica para el medio ambiente por su composición de metales pesados. Se presenta retraso en el proceso de cargue de los vehículos en el interior de la compañía. Al tener baterías descargadas, se procede a realizar una mala practica la cual es iniciarlo con otro vehículo, corriendo el riesgo de afectar partes electronicas. Se debe tener claro un estimado en horas de duración de la batería, para evitar llegar a falla. Perdida aproximada \$500.000	SI	D4	D5	D4	D4	7	\$500.000	Sustitución ciclica	Desmontaje de baterías - Montaje de baterías nuevas - Instalar aros antisulfatantes	2000	Técnico Eléctrico	H3
BATERÍA (REF 31T1100 SF)	Baterías de mantenimiento medio. Se componen de plomo-calcio a traves de una malla en placas negativas y a traves de plomo-antimonio en una malla en placas positivas. Usan un poco menos de agua que las baterías de tapones de relleno pero sustancialmente mas que las baterías libres de mantenimiento.	1	1.3. Suministrar potencia 9 kw a 12 v para los accesorios del equipo - cuando la demanda electrica excede la salida que puede proveer el alternador	1.3.1.	No suministra a los accesorios 12 v	1.3.1. 1.	Bateria descargada por bajo nivel de electrolito	Inspección visual con instrumento denominado densímetro, para establecer el valor de la densidad del electrolito. Si la densidad es baja, produce daño de las placas internas de la batería, perdida de capacidad de arranque, calentamiento placas de batería. Origina reducción considerable en la vida útil de la batería, lo que producirá un reemplazo acelerado. Se convierte en una amenaza tóxica para el medio ambiente por su composición de metales pesados. Se debe garantizar condiciones para mantener nivel optimo de electrolito. Perdida aproximada \$500.000	SI	C4	C5	C5	E3	6	\$500.000	Tarea a condición	Registrar valor de densidad del electrolito (Nivelar de ser necesario)	500	Técnico Eléctrico	H1

BATERÍA (REF 1T1100 SF)	Baterías de mantenimiento medio. Se componen de plomo-calcio a traves de una malla en placas negativas y a traves de plomo-antimonio en una malla en placas positivas. Usan un poco menos de agua que las baterías de tapones de relleno pero sustancialmente mas que las baterías libres de mantenimiento.	1	1.3. Suministrar potencia 9 kw a 12 v para los accesorios del equipo - cuando la demanda eléctrica excede la salida que puede proveer el alternador	1.3.1.	No suministra a los accesorios 12 v	1.3.1. 2.	Batería descargada por cumplimiento de ciclo de vida.	Equipo probador de baterías indica ciclo de vida del elemento, arrojando resultado de la capacidad química y pérdida de reserva de energía. El desecho de baterías se convierte en una amenaza tóxica para el medio ambiente por su composición de metales pesados. Se presenta retraso en el proceso de cargue de los vehículos en el interior de la compañía. Al tener baterías descargadas, se procede a realizar una mala practica la cual es iniciarlo con otro vehículo, corriendo el riesgo de afectar partes electronicas. Se debe tener claro un estimado en horas de duración de la batería, para evitar llegar a falla. Pérdida aproximada \$500.000	SI	D4	D5	D4	D4	7	\$500.000	Sustitución ciclica	Desmontaje de baterías - Montaje de baterías nuevas - Instalar aros antisulfatantes	2000	Técnico Eléctrico	H3
BATERÍA (REF 1T1100 SF)	Baterías de mantenimiento medio. Se componen de plomo-calcio a traves de una malla en placas negativas y a traves de plomo-antimonio en una malla en placas positivas. Usan un poco menos de agua que las baterías de tapones de relleno pero sustancialmente mas que las baterías libres de mantenimiento.	1	1.4. Contener hermeticamente el ácido.	1.4.1.	No contiene hermeticamente el ácido	1.4.1. 1.	Carcasa fracturada por elevada temperatura	Formación de costra de suciedad por exterior de batería. Genera contaminación ambiental, corrosión de la base batería, conato de incendio, explosión de batería si entra en contacto con chispa. Garantizar una correcta ubicación del elemento. Pérdida aproximada \$1.000.000	NO	B4	B2	B4	C3	6	\$1.000.000	Tarea a condición	Verificar presencia o formación de capas de suciedad en el carcasa de la batería -Desmontaje de baterías - Montaje de baterías nuevas (Si se observan fugas)	500	Técnico Eléctrico	S1
BATERÍA (REF 1T1100 SF)	Baterías de mantenimiento medio. Se componen de plomo-calcio a traves de una malla en placas negativas y a traves de plomo-antimonio en una malla en placas positivas. Usan un poco menos de agua que las baterías de tapones de relleno pero sustancialmente mas que las baterías libres de mantenimiento.	1	1.4. Contener hermeticamente el ácido.	1.4.1.	No contiene hermeticamente el ácido	1.4.1. 2.	Partículas de electrolito sobre la carcasa por falla en el tapon de llenado	Formación de costra de suciedad por exterior de batería. Genera contaminación ambiental, corrosión de la base batería, conato de incendio, explosión de batería si entra en contacto con chispa. Garantizar una correcta ubicación del elemento. Pérdida aproximada \$1.000.000	NO	B4	B2	B4	C3	6	\$1.000.000	Tarea a condición	Verificar hermeticidad en tapones de llenado de la batería -Desmontaje de baterías - Montaje de baterías nuevas (Si se observan fugas)	500	Técnico Eléctrico	S1

MOTOR DE ARRANQUE (REF: 39 MT DELCO REMY)	Motor electrico auxiliar cuya funcion es realizar el movimiento del motor termico hasta que el vehiculo accione la marcha.	2	2.1. Generar el campo magnetico para el accionamiento del engranaje de salida con el volante del motor	2.1.1.	No genera el campo magnetico	2.1.1. 1.	Bobinas de campo aisladas por sobrecalentamiento	Genera aumento de temperatura, bajo rendimiento y perdida de potencia en el arranque (bendix arrastra), mayor consumo de energia, al requerir mayor consumo de energia produce aumento de temperatura en los cables conductores y puede generar un conato de incendio. Perdida aproximada \$1.200.000	SI	D5	D5	D3	E3	7	\$1.200.000	Reacondicionamiento ciclico	Desmontaje de arranque - Limpieza interna de bobinas	750	Técnico Eléctrico	H2
MOTOR DE ARRANQUE (REF: 39 MT DELCO REMY)	Motor electrico auxiliar cuya funcion es realizar el movimiento del motor termico hasta que el vehiculo accione la marcha.	2	2.1. Generar el campo magnetico para el accionamiento del engranaje de salida con el volante del motor	2.1.1.	No genera el campo magnetico	2.1.1. 2.	Rotor aterrizado por sobrecarga termica	Genera mayor consumo de corriente y aumento de temperatura en el motor de arranque, al requerir mayor consumo de energia produce aumento de temperatura en los cables conductores y puede generar un conato de incendio. Perdida aproximada \$1.200.000	SI	D5	D5	D3	E3	7	\$1.200.000	Reacondicionamiento ciclico	Desmontaje de arranque - Inspección de núcleo, colector de delgas y bobinados de rotor de arranque	750	Técnico Eléctrico	H2
MOTOR DE ARRANQUE (REF: 39 MT DELCO REMY)	Motor electrico auxiliar cuya funcion es realizar el movimiento del motor termico hasta que el vehiculo accione la marcha.	2	2.1. Generar el campo magnetico para el accionamiento del engranaje de salida con el volante del motor	2.1.1.	No genera el campo magnetico	2.1.1. 3.	Rotor desalineado por deterioro en bujes o rodamientos	Generación de ruido excesivo en el motor de arranque, por efecto de la fricción metal - metal, el motor de arranque produce mayor consumo de corriente, recalentamiento del elemento ó rotura de carcasa del elemento por fricción. Perdida aproximada \$1.200.000	SI	D4	D4	D3	E3	9	\$1.200.000	Reacondicionamiento ciclico	Desmontaje de arranque - Inspección de bujes, rodamientos y ranura de la anilla de retención.	750	Técnico Eléctrico	H2
MOTOR DE ARRANQUE (REF: 39 MT DELCO REMY)	Motor electrico auxiliar cuya funcion es realizar el movimiento del motor termico hasta que el vehiculo accione la marcha.	2	2.1. Generar el campo magnetico para el accionamiento del engranaje de salida con el volante del motor	2.1.1.	No genera el campo magnetico	2.1.1. 4.	Bendix frenado por aislamiento en el motor de arranque	Automatico de motor de arranque no realiza el cierre de los contactos por desgaste interno produciendo el agarrotamiento del bendix. Perdida aproximada \$200.000	SI	D5	D5	D5	E3	6	\$200.000	Reacondicionamiento ciclico	Desmontaje de arranque - Verificar accionamiento automatico de arranque	750	Técnico Eléctrico	H2

MOTOR DE ARRANQUE (REF: 39 MT DELCO REMY)	Motor electrico auxiliar cuya funcion es realizar el movimiento del motor termico hasta que el vehículo accione la marcha.	2	2.2. Vencer la inercia del motor haciendo girar el cigüeñal	2.2.1.	No vence la inercia del motor	2.2.1. 1.	Rodamiento de torque de bendix desalineado por desgaste en carcaza	Generación de ruido excesivo, picadura del piñon de ataque del bendix, la desalineacion del rodamiento genera arrastre en el piñon de ataque del bendix provocando un mal embonado con la cremallera del volante. Perdida aproximada \$1.200.000	NO	D4	D4	D3	E3	9	\$1.200.000	Reacondicionamiento ciclico	Desmontaje de arranque - Verificar presencia de ruido y ajuste en rodamiento de torque	750	Técnico Eléctrico	O2
MOTOR DE ARRANQUE (REF: 39 MT DELCO REMY)	Motor electrico auxiliar cuya funcion es realizar el movimiento del motor termico hasta que el vehículo accione la marcha.	2	2.2. Vencer la inercia del motor haciendo girar el cigüeñal	2.2.1.	No vence la inercia del motor	2.2.1. 2.	Piñon de salida de bendix fracturado por mal contacto con volante de motor	Genera ruido excesivo y desgaste en la cremallera del volante de motor al no lograr un buen embonado. Cuando esta situacion se presenta en campo, es necesario que el operador gire de manera manual el volante del motor y así lograr el embonado de las piezas, esta actividad puede producir un accidente ya que el operador no esta capacitado para realizar esta operacion. Perdida aproximada \$1.700.000	NO	D4	D4	D3	E3	9	\$1.700.000	Reacondicionamiento ciclico	Desmontaje de motor de arranque - Verificar presencia de fisuras en dientes de engranaje	250	Técnico Eléctrico	O2
MOTOR DE ARRANQUE (REF: 39 MT DELCO REMY)	Motor electrico auxiliar cuya funcion es realizar el movimiento del motor termico hasta que el vehículo accione la marcha.	2	2.2. Vencer la inercia del motor haciendo girar el cigüeñal	2.2.1.	No vence la inercia del motor	2.2.1. 3.	Cremallera volante de motor fracturada por desgaste con bendix de arranque	Genera ruido excesivo y desgaste en la cremallera del volante de motor al no lograr un buen embonado. Cuando esta situacion se presenta en campo, es necesario que el operador gire de manera manual el volante del motor y así lograr el embonado de las piezas, esta actividad puede producir un accidente ya que el operador no esta capacitado para realizar esta operacion. Perdida aproximada \$1.700.000	NO	D4	D4	D3	E3	9	\$1.700.000	Reacondicionamiento ciclico	Inpeccion fisuras en dientes de cremallera.	250	Técnico Mecánico	O2
ALTERADOR (REF: LEECE NEVILLE INTERNATIONAL TRUCK 3574171 C92)	Elemento encargado de proporcionar la corriente electrica necesaria que garantice la cara de las baterias y a su vez garantizar el suministro de corriente a todos los sistemas electricos que lo requieran.	3	3.1. Generar la energia necesaria para el accionamiento del sistema electrico del vehículo 14,5 V para la optima carga de la bateria	3.1.1.	No se encuentra en el rango de 13,5 - 14,5 v para mantener la carga optima de la bateria	3.1.1. 1.	Conjunto rectificador envia señal inferior a 0.7 V.	Es necesario que el diodo rectificador del alternador transforme la corriente alterna en corriente continua (que fluya en una sola direccion) al no realizar esta operacion permite el paso de corriente alterna a la bateria, generando daños internos a la bateria, la cual, no esta diseñada para recibir corriente alterna. El daño interno a la bateria produce un desgaste acelerado y por consiguiente debe ser reemplazada, aumentando la cantidad de desecho de bateria en el medio ambiente. Verificar periodicamente el comportamiento y operación del alternador del vehículo. Costo aproximado \$500.000.	SI	D5	E5	E4	E3	7	\$500.000	Tarea a condición	Realizar pruebas de medicion con el instrumento probador de carga DHTC - Desmontaje alternador - Desmontaje diodo rectificador.	750	Técnico Eléctrico	H1

ALTERADOR (REF:LEE CE NEVILLE INTERNATIONAL TRUCK 3574171 C92)	Elemento encargado de proporcionar la corriente eléctrica necesaria que garantice la cara de las baterías y a su vez garantizar el suministro de corriente a todos los sistemas eléctricos que lo requieran.	3	3.1. Generar la energía necesaria para el accionamiento del sistema eléctrico del vehículo 14,5 V para la óptima carga de la batería	3.1.1.	No se encuentra en el rango de 13,5 - 14,5 v para mantener la carga óptima de la batería	3.1.1. 2.	Estator aterrizado por fricción entre las espiras del devanado.	Genera aumento de temperatura al interior del alternador y no genera el campo magnético necesario para producir el voltaje requerido. Generación de conato de incendio en el vehículo, afectando los tiempos de entrega por parte del personal de distribución. Verificar periódicamente el comportamiento y operación del alternador del vehículo. Costo aproximado \$1.200.000	SI	E5	E5	E3	E3	8	\$1.200.000	Tarea a condición	Realizar pruebas de medición con el instrumento probador de carga DHTC - Desmontaje alternador - prueba al estator.	750	Técnico Eléctrico	H1
ALTERADOR (REF:LEE CE NEVILLE INTERNATIONAL TRUCK 3574171 C92)	Elemento encargado de proporcionar la corriente eléctrica necesaria que garantice la cara de las baterías y a su vez garantizar el suministro de corriente a todos los sistemas eléctricos que lo requieran.	3	3.1. Generar la energía necesaria para el accionamiento del sistema eléctrico del vehículo 14,5 V para la óptima carga de la batería	3.1.1.	No se encuentra en el rango de 13,5 - 14,5 v para mantener la carga óptima de la batería	3.1.1. 3.	Rotor aterrizado por sobrecarga térmica	Genera aumento de temperatura al interior del alternador y no genera el complemento para la formación del campo magnético necesario. Por el aumento de temperatura puede provocar quemaduras a los técnicos si entran en contacto con el elemento. Verificar periódicamente el comportamiento y operación del alternador del vehículo. Costo aproximado \$1.200.000	SI	E5	E5	E3	E3	8	\$1.200.000	Tarea a condición	Realizar pruebas de medición con el instrumento probador de carga DHTC - Desmontaje alternador - prueba al rotor.	750	Técnico Eléctrico	H1
ALTERADOR (REF:LEE CE NEVILLE INTERNATIONAL TRUCK 3574171 C92)	Elemento encargado de proporcionar la corriente eléctrica necesaria que garantice la cara de las baterías y a su vez garantizar el suministro de corriente a todos los sistemas eléctricos que lo requieran.	3	3.1. Generar la energía necesaria para el accionamiento del sistema eléctrico del vehículo 14,5 V para la óptima carga de la batería	3.1.1.	No se encuentra en el rango de 13,5 - 14,5 v para mantener la carga óptima de la batería	3.1.1. 4.	Escobillas desgastadas por fricción	Produce bajo voltaje en la generación de carga del alternador porque no entra en contacto con el rotor, manteniendo el vehículo encendido por el tiempo de duración de la carga de baterías, originando retraso en la entrega del producto. Verificar periódicamente el comportamiento y operación del alternador del vehículo. Costo aproximado \$100.000	SI	E5	E5	E5	E3	6	\$100.000	Tarea a condición	Realizar pruebas de medición con el instrumento probador de carga DHTC - Desmontaje alternador.	750	Técnico Eléctrico	H1
ALTERADOR (REF:LEE CE NEVILLE INTERNATIONAL TRUCK 3574171 C92)	Elemento encargado de proporcionar la corriente eléctrica necesaria que garantice la cara de las baterías y a su vez garantizar el suministro de corriente a todos los sistemas eléctricos que lo requieran.	3	3.2. Rectificar la corriente alterna en corriente directa	3.2.1.	No realiza la rectificación de corriente	3.2.1. 1.	Conjunto rectificador envía señal inferior a 0,7 V.	Es necesario que el diodo rectificador del alternador transforme la corriente alterna en corriente continua (que fluya en una sola dirección) al no realizar esta operación permite el paso de corriente alterna a la batería, generando daños internos a la batería, la cual, no está diseñada para recibir corriente alterna. El daño interno a la batería produce un desgaste acelerado y por consiguiente debe ser reemplazada, aumentando la cantidad de desecho de batería en el medio ambiente. Verificar periódicamente el comportamiento y operación del alternador del vehículo. Costo aproximado \$500.000.	SI	E5	E5	E3	E3	8	\$1.700.000	Tarea a condición	Realizar pruebas de medición con el instrumento probador de carga DHTC - Desmontaje alternador - Desmontaje diodo rectificador.	750	Técnico Eléctrico	H1

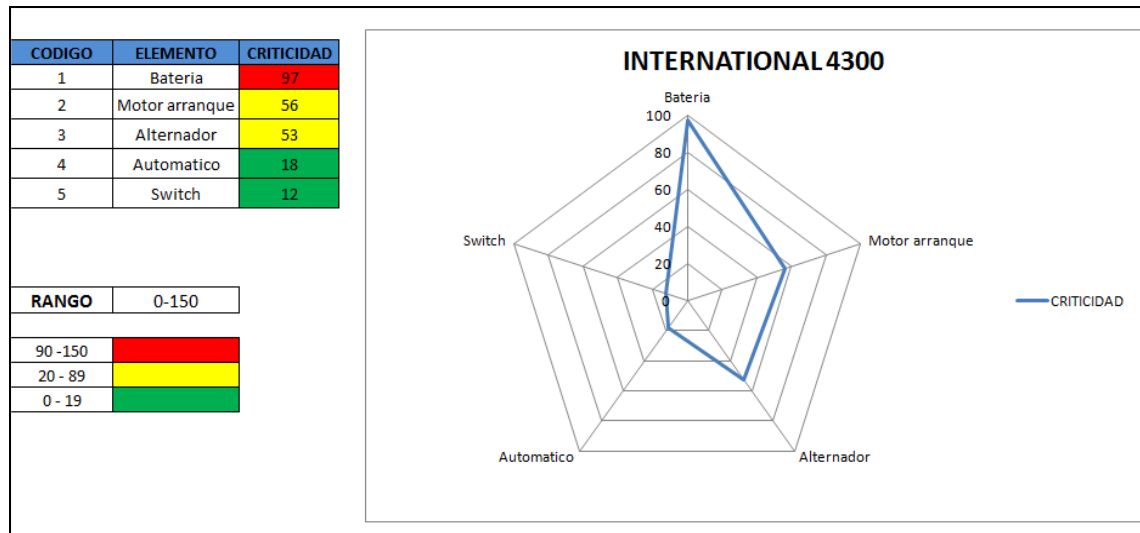
ALTERADOR (REF:LEE CE NEVILLE INTERNATIONAL TRUCK 3574171 C92)	Elemento encargado de proporcionar la corriente electrica necesaria que garantice la cara de las baterías y a su vez garantizar el suministro de corriente a todos los sistemas electricos que lo requieran.	3	3.2. Rectificar la corriente alterna en corriente directa	3.2.1.	No realiza la rectificación de corriente	3.2.1. 2.	Conjunto rectificador abierto por alteración en la tension de entrada	No permite el paso de corriente directa a la batería generando un consumo acelerado de la reserva de la batería, produce deterioro de la batería por ocasionar picos de consumo. Acelera el reemplazo de la batería, incrementando el desecho de baterías.Verificar periodicamente el comportamiento y operación del alternador del vehículo. Costo aproximado \$1.700.000	SI	E5	E5	E3	E3	8	\$1.700.000	Tarea a condición	Realizar pruebas de medicion con el instrumento probador de carga DHTC - Desmontaje alternador - Desmontaje diodo rectificador.	750	Técnico Eléctrico	H1
ALTERADOR (REF:LEE CE NEVILLE INTERNATIONAL TRUCK 3574171 C92)	Elemento encargado de proporcionar la corriente electrica necesaria que garantice la cara de las baterías y a su vez garantizar el suministro de corriente a todos los sistemas electricos que lo requieran.	3	3.3. Regular la corriente directa que se envia a la batería.	3.3.1.	No realiza regulación de corriente directa	3.3.1. 1.	Regulador de voltaje envia señal superior a 14 V.	Produce sobrecarga de la batería al permitir el paso de voltaje superior al necesitado. Genera un sobrecalentamiento, el cual puede ocasionar quemadura al tecnico que se encuentre realizando la inspección. Verificar periodicamente el comportamiento y operación del alternador del vehículo.Costo aproximado \$1.700.000	SI	E5	E5	E3	E3	8	\$1.700.000	Tarea a condición	Realizar pruebas de medicion con el instrumento probador de carga DHTC - Desmontaje alternador - prueba al regulador.	750	Técnico Eléctrico	H1
SWITCH DE IGNICION (REF:INTERNATIONAL TRUCK 3545580 C1)	Dispositivo encargado de proporcionar el paso de corriente, para el encendido del vehículo y sus accesorios.	4	4.1. Proporcionar paso de corriente para el encendido del vehículo y sus accesorios	4.1.1.	No cierra el circuito	4.1.1. 1.	Contacto de switch de encendido aislado por alta polución	Produce encendido deficiente por recalentamiento de los contactos. Origina retrasos en el proceso de cargue y entrega de producto. Polucion en el proceso de desmontaje puede afectar vision del tecnico. Garantizar limpieza exterior del elemento. Costo aproximado \$300.000	NO	E5	E5	E5	E3	6	\$300.000	Tarea a condición	Verificar señal de entrada y de salida en contactores.	1000	Técnico Eléctrico	O1
SWITCH DE IGNICION (REF:INTERNATIONAL TRUCK 3545580 C1)	Dispositivo encargado de proporcionar el paso de corriente, para el encendido del vehículo y sus accesorios.	4	4.1. Proporcionar paso de corriente para el encendido del vehículo y sus accesorios	4.1.1.	No cierra el circuito	4.1.1. 2.	Bobina de accionamiento del switch aislada por sobrecalentamiento	No permite el contacto en el interior del mecanismo aislando el paso de corriente. Puede ocasionar quemaduras al tecnico que se encuentre desmontandola. Costo aproximado \$300.000	NO	E5	E5	E5	E3	6	\$300.000	Tarea a condición	Verificar generación de campo en bobinas	1000	Técnico Eléctrico	O1

SWITCH DE IGNICION (REF:INTERNATIONAL TRUCK 3545580 C1)	Dispositivo encargado de proporcionar el paso de corriente, para el encendido del vehículo y sus accesorios.	4	4.1. Proporcionar paso de corriente para el encendido del vehículo y sus accesorios	4.1.1.	No cierra el circuito	4.1.1. 3.	Llave de accionamiento fracturada por operación	No permite el accionamiento manual del mecanismo del switch para generar el paso de corriente al sistema. Podría generar afectación en dedos del operador. Origina retraso en la entrega del producto y afecta la disponibilidad de la flota. Verificar diariamente estado de llave por parte de operador. Costo aproximado \$30.000	NO	E5	E5	E5	E3	6	\$30.000	Tarea a condición	Verificar estado de llave - entrada de switch	1000	Conductor Operador	O1
INTERRUPTOR MAGNETICO (REF: DELCO REMY ARRANQUE UE 39MT)	Dispositivo encargado de relevar la entrada de voltaje al motor de arranque, asegurando que el solenoide reciba el voltaje máximo disponible en cualquier condición de arranque.	5	5.1. Compensar la caída de voltaje en el circuito que alimenta el motor de arranque	5.1.1.	No realiza relevo de voltaje	5.1.1. 1.	Contactores internos aislados por alta polución	Aumento de temperatura en el interior del elemento, imposibilitando la recepción de la energía almacenada en la batería. Origina retraso en la entrega del producto y afecta la disponibilidad de la flota. Costo aproximado \$60.000	SI	E5	E5	E5	E3	6	\$60.000	Tarea a condición	Verificar señal de entrada y de salida en contactores.	250	Técnico Eléctrico	H1
INTERRUPTOR MAGNETICO (REF: DELCO REMY ARRANQUE UE 39MT)	Dispositivo encargado de relevar la entrada de voltaje al motor de arranque, asegurando que el solenoide reciba el voltaje máximo disponible en cualquier condición de arranque.	5	5.1. Compensar la caída de voltaje en el circuito que alimenta el motor de arranque	5.1.1.	No realiza relevo de voltaje	5.1.1. 2.	Bobinas aisladas por sobrecalentamiento	Aumento de temperatura en el interior del elemento, afectando la entrega de energía necesaria para la condición de arranque. Puede ocasionar quemaduras al técnico que se encuentre realizando la inspección. Origina retraso en la entrega del producto y afecta la disponibilidad de la flota. Costo aproximado \$60.000	SI	E5	E5	E5	E3	6	\$60.000	Tarea a condición	Verificar generación de campo en bobinas	250	Técnico Eléctrico	H1

5.9 ANALISIS DE CRITICIDAD

Para los vehículos de reparto International 4300 se puede observar que el elemento más crítico del sistema eléctrico son las baterías, las cuales presentan efectos de falla de mayor impacto, por tal motivo la realización de cada una de las tareas asignadas para este elemento, deben cumplirse según lo estipulado. Se desarrolla un segundo grupo de elementos críticos en el sistema eléctrico, los cuales son: Motor de arranque y Alternador. Por último, se presenta un tercer grupo de elementos, los cuales son: Switch de ignición e Interruptor magnético.

Figura 15. Criticidad de componentes eléctricos International 4300.



6. ANALISIS DE RESULTADOS

Después de la evaluación de los modos y efectos de falla de los elementos del sistema eléctrico de los vehículos international 4300 se procede a consolidar el plan de mantenimiento según las tareas y frecuencias propuestas por los integrantes del equipo. En la tabla 4 presentamos el plan de mantenimiento.

Tabla 6. Plan de mantenimiento para el sistema eléctrico vehículos International 4300.

CÓDIGO TAREA	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	FRECUENCIA - HORAS						RESPONSABLE
		100	250	500	750	1000	2000	
	ALTERADOR (REF:LEECE NEVILLE INTERNATIONAL TRUCK 3574171C92)				X			Técnico Electrico
H1	Realizar pruebas de medicion con el instrumento probador de carga DHTC - Desmontaje alternador - Desmontaje diodo rectificador.				X			Técnico Electrico
H1	Realizar pruebas de medicion con el instrumento probador de carga DHTC - Desmontaje alternador - prueba al estator.				X			Técnico Electrico
H1	Realizar pruebas de medicion con el instrumento probador de carga DHTC - Desmontaje alternador - prueba al regulador.				X			Técnico Electrico
H1	Realizar pruebas de medicion con el instrumento probador de carga DHTC - Desmontaje alternador - prueba al rotor.				X			Técnico Electrico
H1	Realizar pruebas de medicion con el instrumento probador de carga DHTC - Desmontaje alternador.				X			Técnico Electrico
	BATERÍA (REF 31T1100SF)	X	X	X			X	Técnico Electrico
H2	Desmontaje de baterias - Limpieza de caja de almacenamiento - Limpieza de bornes - Instalación de aros antisulfatantes		X					Técnico Electrico
H3	Desmontaje de baterias - Montaje de baterias nuevas - Instalación de aros antisulfatantes						X	Técnico Electrico
H2	Desconexión de ramal electrico - limpieza de conectores - tension o ajuste de cableado - Verificación de señales			X				Técnico Electrico
H1	Realizar pruebas de carga del sistema - Reevaluar consumo de energia en accesorios			X				Técnico Electrico
H2	Realizar pruebas de medicion con el instrumento probador de carga DHTC - Realizar limpieza de conexiones	X						Técnico Electrico
H1	Registrar valor de densidad del electrolito (Nivelar de ser necesario)			X				Técnico Electrico
H1	Revisión de soportes y ganchos de ajuste - Realizar ajuste de ser necesario.		X					Técnico Electrico
S1	Verificar hermeticidad en tapones de llenado de la bateria -Desmontaje de baterias - Montaje de baterias nuevas (Si se observan fugas)			X				Técnico Electrico
S1	Verificar presencia o formación de capas de suciedad en el carcasa de la bateria -Desmontaje de baterias - Montaje de baterias nuevas (Si se observan fugas)			X				Técnico Electrico
	INTERRUPTOR MAGNETICO (REF: DELCO REMY ARRANQUE 39MT)		X					Técnico Electrico
H1	Verificar generación de campo en bobinas		X					Técnico Electrico
H1	Verificar señal de entrada y de salida en contactores.		X					Técnico Electrico
	MOTOR DE ARRANQUE (REF: 39 MT DELCO REMY)		X		X			Técnico Electrico
O2	Desmontaje de arranque - Verificar presencia de ruido y ajuste en rodamiento de torque				X			Técnico Electrico
H2	Desmontaje de arranque - Inspección de bujes, rodamientos y ranura de la anilla de retención.				X			Técnico Electrico
H2	Desmontaje de arranque - Limpieza interna de bobinas				X			Técnico Electrico
H2	Desmontaje de arranque - Verificar accionamiento automatico de arranque				X			Técnico Electrico
H2	Desmontaje de arranque -Inspección de núcleo, colector de delgas y bobinados de rotor de arranque				X			Técnico Electrico
O2	Desmontaje de motor de arranque - Verificar presencia de fisuras en dientes de engranaje		X					Técnico Mecánico
O2	Inpeccion fisuras en dientes de cremallera.		X					Técnico Electrico
	SWITCH DE IGNICION (REF:INTERNATIONAL TRUCK 3545580C1)					X		Técnico Electrico
O1	Verificar estado de llave - entrada de switch					X		Conductor Operador
O1	Verificar generación de campo en bobinas					X		Técnico Electrico
O1	Verificar señal de entrada y de salida en contactores.					X		Técnico Electrico

7. CONCLUSIONES

Se presenta como resultado de la metodología, el desarrollo de un plan de mantenimiento eléctrico para los vehículos International 4300, donde se indican los tipos de decisión, descripción de tareas y persona responsable de ejecutarlas para así disminuir ó evitar las fallas identificadas en el sistema eléctrico, basados en métodos estadísticos de probabilidad de falla y el método científico según la experticia de los técnicos involucrados en el proyecto.

La metodología RCM se desarrolla con la selección de integrantes del área mantenimiento vehículos de Postobón Malambo, basados en el sistema más crítico (sistema eléctrico) según registros estadísticos de falla. La principal ventaja de la implementación de RCM es la facilidad en el desarrollo de la metodología, y el involucramiento por partes de las personas implicadas, lo cual promueve el mejoramiento con una mínima inversión.

La metodología implementada en la monografía solamente se desarrollo con el equipo de electricistas de la planta debido a la necesidad que presentaban los vehículos en ese sistema, al aplicarlo solo a un grupo específico se limitó el análisis de estudio de otros sistemas y la participación del resto del equipo técnico de Postobón Malambo. A partir de lo anterior, nos deja una ventana de ampliación a la metodología implementada ya que al hacer partícipe al resto del equipo técnico, se puede mejorar el alcance de la misma integrando los demás sistemas del vehículo.

Al establecer todas las funciones de los subsistemas del sistema eléctrico se pudo establecer que de los x fallas funcionales presentes en la flota de reparto de Postobón Malambo, x pertenecen a las baterías, afirmación que corrobora la

grafica 15, donde sus efectos generaban mayores riesgos ambientales, humanos, económicos y de imagen para la empresa.

Se estableció nivel de criticidad para cada uno de los elementos que conforman cada subsistema (batería, motor de arranque, alternador, Switch de ignición e interruptor magnético).

Se realiza seguimiento durante el periodo de 2016-2017 a la edad identificable donde se presentaba un rápido crecimiento de la probabilidad de falla en un elemento como las baterías. A través del mantenimiento centrado en confiabilidad, se opta por hacer monitoreo con el instrumento de medición de carga DHTC, arrojándonos en los primeros tres meses de seguimiento un comportamiento muy similar en porcentaje de rendimiento al registrado de forma manual en el periodo en mención.

En el encuentro nacional de Logística y Distribución, se presentará a la división nacional de mantenimiento de Gaseosas Posada Tobon, los avances obtenidos en el seguimiento en cuanto a comportamiento de los elementos del sistema eléctrico. Se presentará plan de mantenimiento obtenido a través de un análisis basado en la confiabilidad de los elementos, se realizará una descripción de la metodología utilizada (FMECA), y adicionalmente se realizará propuesta para realizar el análisis en otros componentes de los vehículos.

BIBLIOGRAFIA.

COVENIN 2270. Comités de Higiene y Seguridad Industrial. 1995

DELCOREMY. manual de procedimientos diagnósticos. pendleton, usa. 2005

DIETER ACCESORIES. History international [en línea] disponible en:
<http://dietersaccessories.com/history-international-trucks/>

GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento. Manual práctico para la implementación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial 2003.

GIRALDO, J. D. Eafit [en línea] disponible en:
https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4272/JuanDiego_RuizGiraldo_2010.pdf;sequence=1

LEFCOVICH, Mauricio. TPM mantenimiento productivo total: Un paso más hacia la excelencia empresaria.

MARSHALL, J. Warwick University . [en línea] disponible en:
http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/ftmsc/modules/modulelist/peuss/slides/section_10b_fmea_lecture_slides_compatibility_mode.pdf

MARTINEZ, C. E. Universidad tecnológica de Pereira [en línea] disponible en:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/819/620004>

MOUBRAY, J. Mantenimiento Planificado. Recuperado el 2017, de Soporte & CIA.: [en línea] disponible en: [hivos/RCM2%20EXPLICACION.pdf](#) .

MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad (II).

NORMA SAE JA1011. Evaluation criteria for Reliability-Centered

NOWLAN, F.STANLEY. Reliability-Centered Maintenance. United

RAUSAND, M., & Vatn, J. Reliability centred maintenance. 2008

SERTRANS.. Sertrans SA servicio de transportes [en linea] disponible en:
<http://www.sertrans.es/trasporte-terrestre/historia-y-evolucion-del-camion-de-mercancias/> abgerufen

VERGARA, Jaime. Introducción conceptos de mantenimiento – gestión de activos, 2012, página 7.