



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE  
MANTENIMIENTO BASADO EN LA  
METODOLOGÍA RCM PARA EL SISTEMA DE  
TRACCIÓN DEL VEHÍCULO CHEVROLET  
LV150 MODELO 2009**

Sebastián Tabares Rios

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Ingeniería Mecánica  
Medellín, Colombia  
2020



ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA  
METODOLOGÍA RCM PARA EL SISTEMA DE TRACCIÓN DEL VEHÍCULO  
CHEVROLET LV150 MODELO 2009

**Sebastián Tabares Rios**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al  
título de:

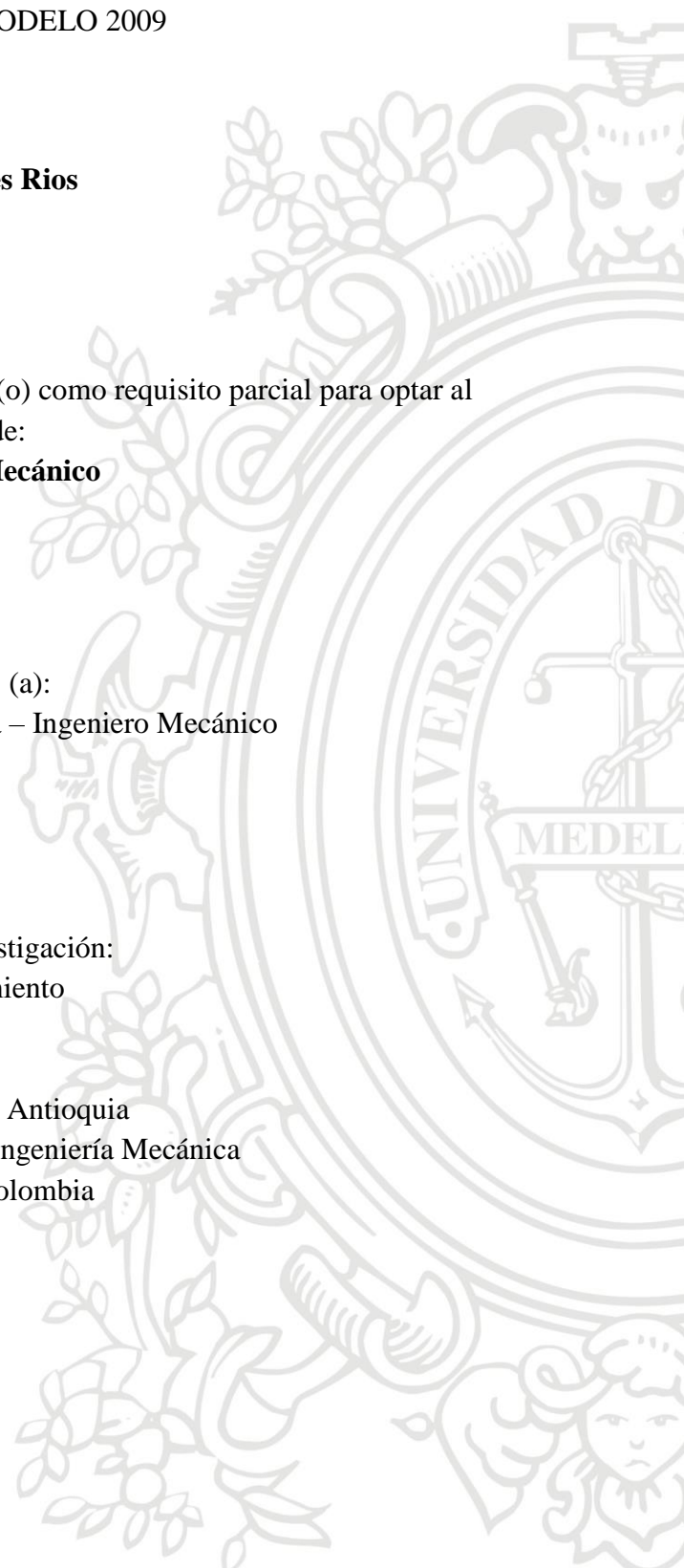
**Ingeniero Mecánico**

Asesores (a):

Juan Carlos Orrego Barrera – Ingeniero Mecánico

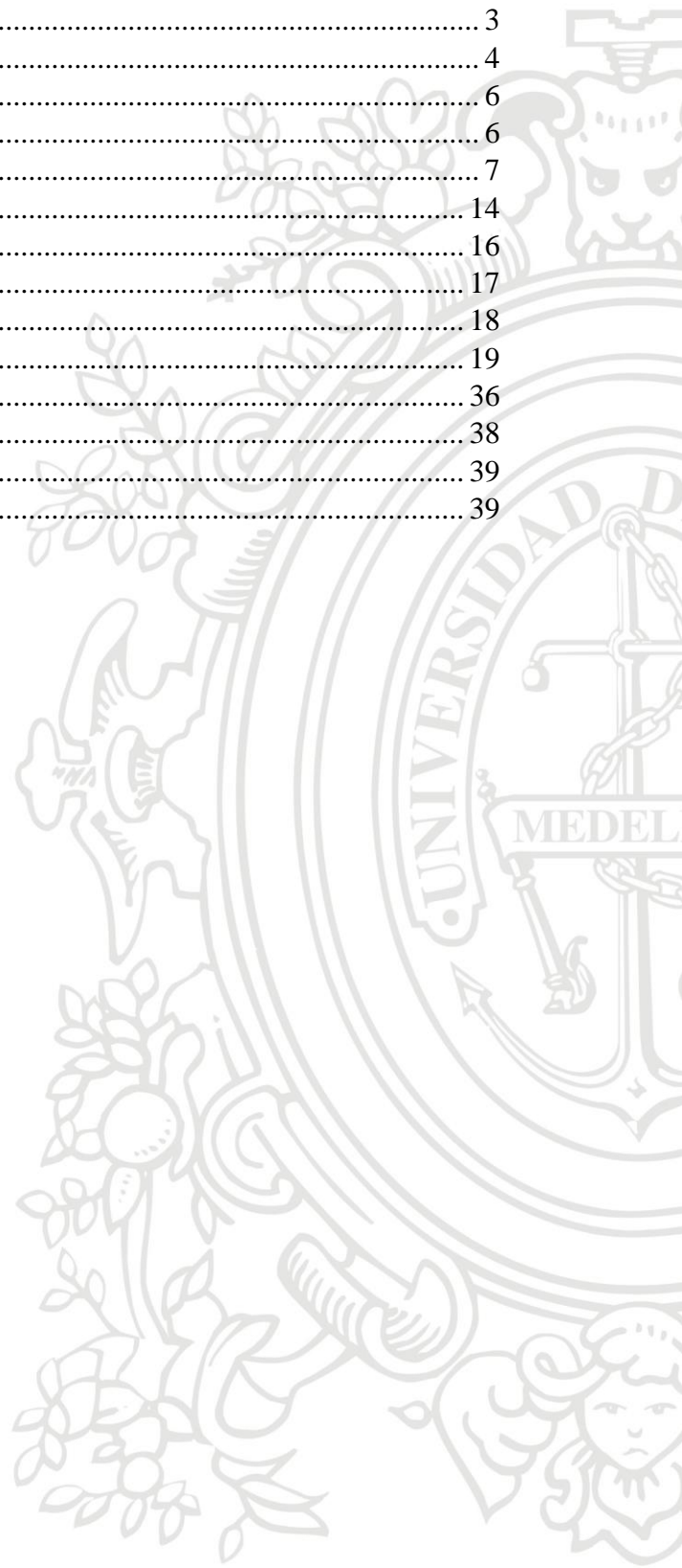
Línea de Investigación:  
Mantenimiento

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Ingeniería Mecánica  
Medellín, Colombia  
2020



## Contenido

Resumen.....	3
Introducción.....	4
Objetivos.....	6
Específicos.....	6
Marco Teórico.....	7
Metodología.....	14
Frenos.....	16
Suspensión.....	17
Eje Cubo y Campana de freno.....	18
Eje o troque.....	19
Resultados y análisis.....	36
Conclusiones.....	38
Referencias Bibliográficas.....	39
Anexos.....	39



# ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA RCM PARA EL SISTEMA DE TRACCIÓN DEL VEHÍCULO CHEVROLET LV150 MODELO 2009

## Resumen

Las Buseticas S.A.S es una empresa prestadora de servicios turísticos integrales y de transporte terrestre especial en las líneas escolar, empresarial, de turismo y de carga. Brinda servicios confiables, cómodos y seguros; contando con un personal calificado para garantizar la satisfacción de las partes interesadas, el mejoramiento continuo, la prevención de lesiones y enfermedades, el cumplimiento de los requisitos legales y certificación de calidad ISO; con el propósito de asegurar la permanencia en el mercado prestando un servicio calificado y competente.

Para lograr este tipo de prestación del servicio, las Buseticas S.A.S cuentan con una flota de vehículos motores diésel. Adicionalmente se cuenta con el parque automotor de afiliados con quienes se contrata disponibilidad de más vehículos, es decir, cuando las Buseticas S.A.S adquiere contratos para prestar servicios y no cuenta con la capacidad suficiente de los vehículos propios de la empresa, entonces contrata vehículos de terceros para sí cumplir con sus servicios.

En el presente trabajo se realiza el plan de mantenimiento para los sistemas de masa no suspendida, es decir, ruedas, suspensión, dirección y frenos, específicamente de los buses marca Chevrolet LV150 con que cuenta la flota de la Empresa; Esto con el fin de tener el punto de partida en el activo más complejo y costoso, iniciando con dichos sistemas teniendo en cuenta que presentan el mayor costo correctivos que ha tenido esta línea en los dos últimos años.



## Introducción

Las Buseticas S.A.S es una empresa prestadora de servicios turísticos integrales y de transporte terrestre especial en las líneas escolar, empresarial, de turismo y de carga. Brinda servicios confiables, cómodos y seguros; contando con un personal calificado para garantizar la satisfacción de las partes interesadas, el mejoramiento continuo, la prevención de lesiones y enfermedades y el cumplimiento de los requisitos legales; con el propósito de asegurar la permanencia en el mercado prestando un servicio calificado (LAS BUSETICAS SAS, 2018).

Para lograr este tipo de prestación del servicio, las Buseticas S.A.S cuentan con una flota de vehículos motores diésel que se presentan en la Tabla 1. Adicionalmente se cuenta con el parque automotor de afiliados con quienes se contrata disponibilidad de más vehículos, es decir, cuando las Buseticas S.A.S adquiere contratos para prestar servicios y no cuenta con la capacidad suficiente de los vehículos propios de la empresa, entonces contrata vehículos de terceros para sí cumplir con sus servicios.

Actualmente la ejecución de los mantenimientos preventivos y correctivos de los vehículos propios de la empresa se contratan con terceras empresas hasta el 100% de esos servicios, además de cumplir con las normas de vehículos automotores para poder transitar por el territorio colombiano, así como: revisión técnico-mecánica y de gases contaminantes, revisión preventiva bimestral, SOAT y realizar chequeos pre-operacionales diarios.

La empresa ha venido realizando periódicamente cada rutina de mantenimiento que indica el fabricante de cada marca de vehículo, sin tener en cuenta la operación de cada vehículo, ni las condiciones externas de trabajo. Se verificó el historial de mantenimiento para los buses Chevrolet LV150 modelo 2009 con que cuenta la empresa, así se pudo evidenciar que el sistemas con más fallas y que ha generado más gastos es el sistemas de ruedas y sus diferentes subsistemas.

Por esta razón se empiezan a sistematizar los datos e historiales técnicos obtenidos por los mantenimientos tercerizados y se busca la implementación de un modelo RCM que permita identificar los modos de falla y acciones de falla.

El presente proyecto está enfocado en establecer la metodología de mantenimiento RCM para el sistema, y los diferentes subsistemas, de las ruedas del vehículo Chevrolet LV150 modelo 2009 con el fin de establecer condiciones de operación y acciones a implementar para atender los distintos modos de fallas. Este análisis se hará inicialmente para el sistemas de ruedas del vehículo especificado, posteriormente se pretende aplicar en los diferentes sistemas de todo el vehículo y a los diferentes tipos de vehículo en la flota.

MARCA	LINEA	TIPO VEHÍCULO	CANTIDAD
RENAULT	ALASKAN	CAMIONETA	1
YOUTONG	ZK6107H	BUS	1
CITROËN	JUMPER FT40	VAN	2
KIA	NIRO	CAMIONETA	2
RENAULT	NEW MASTER	VAN	2
CHEVROLET	LV150	BUS	3
CHEVROLET	FRR	BUS	3
TOYOTA	HILUX	CAMIONETA	4
HINO	FC9J	BUS	6

**Tabla 1.** Parque automotor propio.

Con la implementación del modelo RCM, sustentado en este proyecto la empresa Las Buseticas SAS pretende disminuir costos de mantenimiento previniendo los diferentes modos de falla y aumentar la disponibilidad de cada máquina.

## Objetivos

Crear un modelo para la implementación de la metodología RCM en el sistema de tracción del vehículo Chevrolet LV150 modelo 2009.

### Específicos

- Optimizar los recursos de mantenimiento y ampliar la disponibilidad operacional de los 3 buses Chevrolet LV150
- Definir los parámetros del RCM como táctica de mantenimiento.
- Reconocer elementos estructurales, bases y fundamentos del mantenimiento de la flota.
- Aplicar la metodología 'RCM' (Reliability Centered Maintenance: Mantenimiento basado en confiabilidad)
- Agilizar las ejecuciones de mantenimiento que son necesarias para tener la disponibilidad operacional de los vehículos intervenidos en este proyecto.



## Marco Teórico

En la actualidad la empresa Las Buseticas SAS se regula con procesos internos aplicados con el objetivo de prestar el mejor servicio en transporte, dando prioridad a cualquier servicio. Por esa razón se requiere una estrategia de mantenimiento que evite los tiempos de parada y que permita extender el tiempo medio entre fallas.

La resolución 315 de 2013 reglamentó el mantenimiento del transporte público en Colombia, evolucionando el mantenimiento de ser solo correctivo a trabajar con mantenimiento preventivo y eventualmente correctivo. Con este objetivo se les exige a los propietarios realizar rutinas de mantenimiento preventivo a lo sumo cada dos meses, permitiendo anticipar fallos y desperfectos en las piezas, disminuyendo considerablemente las intervenciones correctivas y directamente los costos de mantenimiento.

Con el fin de cumplir las regulaciones pertinentes y así mismo tener un procedimiento establecido en el plan de calidad de la Empresa se implementan rutinas de mantenimiento con la periodicidad de las rutinas de mantenimiento recomendadas por el fabricante. Sin embargo dado que no se tiene en cuenta todas las condiciones operativas de las máquinas dado que los modelos a considerar llevan años de operación no es suficiente con rutinas cada 5mil o 7 mil kilómetros si se pretende implementar un plan de mantenimiento basado en confiabilidad.

El mantenimiento basado en confiabilidad nace en la aviación, conocido por sus siglas en inglés RCM, fue desarrollado inicialmente por la industria de la aviación comercial para mejorar la seguridad y confiabilidad de sus equipos. Desde su primera documentación en 1978 ha sido usado para ayudar a formular estrategias de gestión de activos físicos en al menos cada área del esfuerzo humano ordenado y en al menos cada país industrializado del mundo. (ENGINEERS, 1999)

La norma SAE JA1011 establece los criterios de evaluación para un proceso RCM, en esta se describe el mínimo criterio que cualquier proceso debe cumplir para ser llamado RCM, indicando que no es un intento para definir un proceso RCM por completo. Este documento está destinado a cualquiera que desee determinar si cualquier proceso que pretenda ser RCM es en efecto mantenimiento basado en confiabilidad (ENGINEERS, 1999). En este trabajo se toma como punto inicial esta norma dado que deja establecida las bases para evaluar si un proceso cumple para ser RCM.



Cualquier proceso debe garantizar que las siguientes cuestiones son respondidas satisfactoriamente y son respondidas en la siguiente secuencia:

- a. Funciones. Cuáles son las funciones y estándar de rendimiento asociados al activo en este contexto operativo?
- b. Fallas funcionales. De qué manera puede fallar para cumplir sus funciones?
- c. Modos de falla. Que causa cada falla funcional?
- d. Efectos de falla. Qué pasa cuando ocurre cada falla?
- e. Consecuencias de falla. De qué manera cada falla impacta?
- f. Tareas proactivas e intervalos de tareas. Que debe hacerse para predecir o prevenir cada falla.
- g. Acciones por defecto. Que debe hacerse si una tarea proactiva adecuada no puede ser implementada?

La norma SAE JA1011, además, referencia la norma SAE JA1012 como 'Una guía para el mantenimiento basado en confiabilidad'; la primera está destinada a estandarizar lo que el proceso RCM debe contener, sin embargo esta norma presupone un alto grado de familiaridad con los conceptos y terminología del proceso RCM, es por eso que en la norma JA1012 se amplifica y clasifica donde es necesario, estos conceptos claves y términos. (Inc, 2002)

Complementando las dos normas que estandarizan el RCM con herramientas de análisis como la matriz de análisis de causas CauseMapping® se pueden establecer criterios para el análisis de las consecuencias de falla de manera ágil y al mismo tiempo establecer posibles soluciones. Al final del desarrollo de la matriz se establecen posibles soluciones, definiendo acciones y las frecuencias.

Planteamiento del problema:

En la actualidad la empresa trabaja sin contratar personal técnico para ningún tipo de intervención. Se almacena toda la información e historial de costos de mantenimiento en un programa para la administración del mantenimiento. Las intervenciones se contratan con terceros que de

acuerdo al requerimiento atiende el vehículo en sus propias instalaciones. Cuenta con un almacén donde se proveen insumos de aseo e insumos como aceites, refrigerantes, fusibles, baterías, etc. Dado que en su mayoría los servicios que presta son contratos y de este modo es posible tener en cuenta horarios de trabajo que permiten establecer tiempos de parada. De manera que el parque automotor debe tener la confiabilidad que permita cumplir los objetivos de la empresa, generando un servicio de calidad, sin incurrir en gastos excesivos. Se requiere adoptar un plan de mantenimiento basado en confiabilidad que permitirá al parque automotor propio de la empresa LAS BUSETICAS posicionarse con una alta confiabilidad y con precios de operación competitivos. Actualmente la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento basado en metodologías sistemáticas y estructuradas.

Un plan de mantenimiento basado en confiabilidad puede dar garantía y orden en el cuidado de los activos con el fin de aumentar la disponibilidad de vehículos para la operación, además de influir en la reducción del mantenimiento correctivo, identificar gastos por mantenimiento, y lograr menor cantidad de paros en el proceso asociados a mantenimiento (DIEZ ECHEVERRI, 2015). La Empresa actualmente cuenta con el siguiente parque automotor:

En la tabla 1 se aprecia la cantidad de vehículos propios según marca, línea y tipo de vehículo. Un bus tiene capacidad para 40 personas por tal motivo un fallo o desperfecto en uno de estos genera insatisfacción para muchas personas, a la vez es la seguridad de las mismas la que se puede ver en riesgo con problemas en sistemas como los frenos. Actualmente los buses LV150 son el activo más costoso y con mayor capacidad de producción.

Este tipo de vehículo presta servicios para personal administrativo en los contratos a nivel local y adicionalmente servicio turístico a nivel nacional, genera en promedio mensual COP\$7 millones con un desplazamiento aproximado de 3.170 kilómetros cada mes, equivalentes a COP\$2.208/km recorrido. Sin embargo los costos del mantenimiento han llegado representar hasta el 70% de la producción. Dichos costos de mantenimiento pueden ser medidos y controlados mediante un plan de mantenimiento basado en confiabilidad. En este trabajo se analizan los sistemas que han representado mayor costo en esta línea de buses.

Los buses LV150 son un diseño Isuzu distribuido en América por Chevrolet cuentan con una capacidad de carga de 9,6 toneladas con un peso bruto de 16 toneladas. Los sistemas del bus Chevrolet LV150 son un motor OT Isuzu 6WA1TC, transmisión Isuzu ZF9S110, eje delantero Isuzu F063, eje trasero Isuzu

R130, y un sistema de ruedas de rin  $\varnothing 22,5''$ , freno de servicio Isuzu tipo aire, chasis Isuzu, adicionalmente se equipa con carrocería , en este caso marca Invicar, integrada con baño y sistema audiovisual. En este trabajo se estableció el plan de mantenimiento usando el método RCM para las ruedas, frenos, ejes y suspensión. Después de verificar el foco de gastos de mantenimiento para los buses LV150 de la Empresa se encontró que los gastos más representativos estaban asociados al mantenimiento de las ruedas, es decir llantas, sistemas de rodamientos, sistemas de frenos, suspensión y dirección. Por lo que se propuso establecer un plan de mantenimiento usando la metodología RCM iniciando por el gasto más representativo del activo fijo más costoso.

Contexto operacional:

La empresa Las Buseticas SAS se creó en el año 1992, bajo el concepto de transporte terrestre en servicios especiales. Hoy poseemos un parque automotor que supera los 100 vehículos, con un campo de acción a nivel nacional que nos ha posicionado como una empresa responsable.

Nuestro principal activo radica en calidad humana y profesional de nuestro personal, los cuales generan equipos interdisciplinarios aptos para brindar una asesoría integral en turismo, transporte de mega proyectos, escolar, empresarial y de carga (LAS BUSETICAS SAS, 2018).

Como empresa ha venido trabajando por mantener la certificación NTC-ISO9001: 2008 y OHSHAS 18001. Ofrece a sus contratantes pólizas de seguro por encima de los COP\$300 millones por cada vehículo. Presenta además en su portafolio vehículos de lujo de más de 40 pasajeros con un parque automotor de más de 100 vehículos monitoreados satelitalmente las 24 horas.

La Empresa adopta la política de renovar constantemente su parque automotor para ofrecer confort y seguridad. Actualmente cuenta con tres buses de marca Chevrolet-Isuzu LV150 con un costo en el mercado entre COP\$150 y COP\$200 millones. Este tipo de vehículo integra un chasis y una carrocería con peso máximo de 16 toneladas incluyendo pasajeros, como se aprecia en los pesos y capacidades de la ficha técnica del vehículo:

PESOS Y CAPACIDADES	
Peso Bruto Vehicular (kg)	16.000
Capacidad de Carga (kg)	9.593
Capacidad Máx. Eje Delantero (Kg)	1.447
Eje Trasero (Kg)	4.960
Capacidad de Combustible (L)	470



La empresa presta el servicio de transporte a las empresas y colegios más prestigiosos de la ciudad de Medellín como son Isagen, Túnel de Oriente, Colegio Alemán, Colegio Columbus School, entre otros. Por esta razón los buses están en constante operación terminando un contrato e iniciando el otro, adicionalmente, por las condiciones topográficas y considerando que los vehículos siempre están en su máxima capacidad, el motor, las ruedas y los diferentes sistemas, siempre están operando a plena carga.

Los vehículos adquiridos por Las Buseticas siempre son de última generación y buscando siempre las mejores características en confort y seguridad. Dentro de la flota se cuenta con los vehículos Chevrolet LV150 compuestos normalmente por un sistema eléctrico, el motor, un sistema de transmisión de potencia, las ruedas, los ejes y el sistema de frenos.

Proceso operativo actual:

Las Buseticas SAS no cuenta con un procedimiento establecido para el proceso operativo, se cuenta con cierto número de rutas que se deben cumplir diariamente por todo el parque automotor de acuerdo a como sean programados por los coordinadores. Para la asignación de los vehículos se envía inicialmente al conductor para un reconocimiento de ruta donde se le solicita indicar si tiene algún inconveniente para maniobrar o si evidenció obstáculos en la vía. Cuando los vehículos son contratados para servicios turísticos no se cuenta con dicho reconocimiento de vía y es el conductor quien debe determinar hasta donde puede avanzar según las condiciones topográficas.

En promedio cada bus Chevrolet LV150 recorre en promedio mensual 3.173 kilómetros, teniendo en cuenta que los vehículos operan los 7 días de la semana se tiene que diariamente recorren aproximadamente 105 Km/día. Teniendo en cuenta el costo por kilómetro, calculado previamente en base al producido esperado mensualmente, COP\$2.208/km, se espera que en un día el vehículo produzca al menos COP\$232.000. Por tal motivo para el proceso operativo es primordial que el mantenimiento tenga todas las intervenciones programadas, porque un reemplazo podría representar gastos de hasta COP\$300.000 dependiendo del recorrido, donde en ocasiones es necesario pagar hasta 12 taxis si no se cuenta con un reemplazo si hay un reporte por varada.

Todos los vehículos son contratados por el cliente, mediante formato escrito y con cláusulas de permanencia y cumplimiento de ambas partes. Cuando la Empresa incumple de algún modo con el contrato pone en riesgo la



renovación del mismo y adicionalmente se ve sancionado económicamente en el próximo pago.

Proceso de mantenimiento actual:

De los vehículos propios se deberá dejar registro de todos los mantenimientos realizados al vehículo en el formato Ordenes de Trabajo de CloudFleet®, los cuales están descritos por cada una de las placas, donde se detallan los mantenimientos realizados en el mes, se describe el mantenimiento preventivo realizado, para efectos operativos en el vehículo se lleva controles de consumo de combustibles. Esta tarea estará apoyada del Sistema de rastreo satelital para llevar kilometraje de los vehículos y de los reportes de la estación de servicio para su mayor control.

De los vehículos afiliados y en condición de subcontratados o en convenio, se mantendrá la información vigente de los mantenimientos preventivos en carpeta física y/o en registros del software destinado para tal fin. (LAS BUSETICAS SAS, 2018).

Definir la programación del mantenimiento preventivo de los vehículos y las revisiones técnico mecánicas obligatorias de acuerdo a las fechas de vencimiento de los documentos (Vencimiento de Documentos, vencimiento de revisiones preventivas bimestrales, vencimiento de revisión técnico mecánica anual definidas en Software de Transporte, cronograma de revisiones preventivas de mantenimiento aleatorias), con el fin de informar a los propietarios de los vehículos la programación de dichos mantenimientos.

Por lo tanto, se tendrán definidas las siguientes revisiones al parque automotor de la empresa:

1. Formato Inspección y Revisión de Vehículos, las Revisiones preventivas se realizarán en forma aleatoria al Parque Automotor de Las Buseticas S.A.S y a los vehículos que trabajan con convenio empresarial, una inspección en el lugar de prestación del servicio, antes o después de realizada la prestación del servicio. Dichas inspecciones se llevarán a cabo teniendo en cuenta la importancia de los contratos que tenga vigentes la empresa y de acuerdo al cronograma de dichas revisiones.

2. Revisión Preventiva Bimestral, que se debe llevar a cabo en un centro especializado (Seleccionado por la Empresa). Dichos documentos deberán reposar en el software destinado para tal fin. En caso de que el vehículo salga rechazado se procede con la ejecución del procedimiento de mantenimiento correctivo.

3. Revisión Técnico- Mecánica, que se debe llevar a cabo en un CDA autorizado.

4. Revisión diaria, los conductores deberán realizar diariamente la revisión del vehículo en el formato "Planilla de chequeo", Adicional se debe tener en cuenta el "Instructivo de Seguridad de Conductores" que les permitirá tener en claro las normas de seguridad para prevención de accidentes y lesiones.

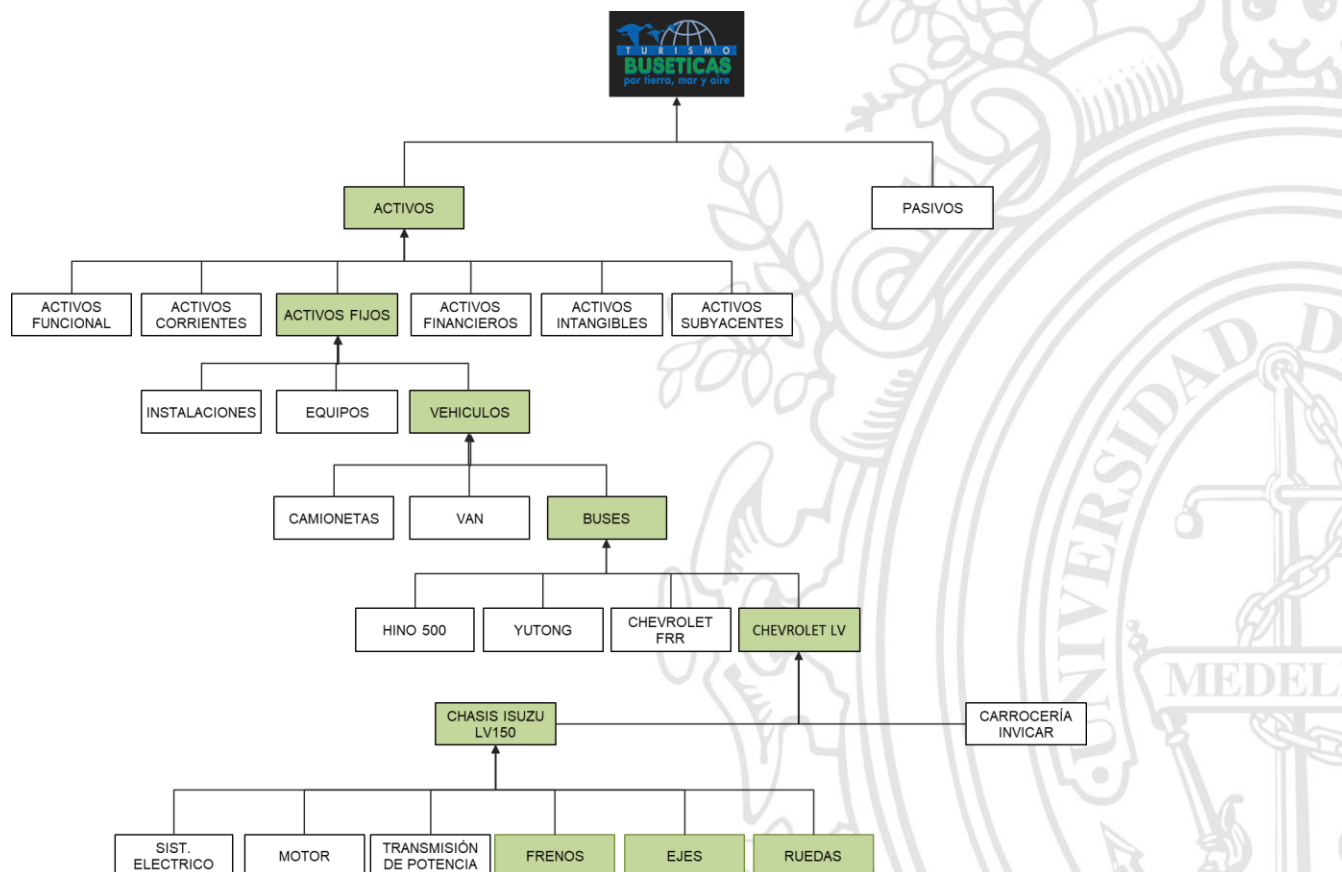
Los hallazgos encontrados en los vehículos propios, los conductores lo reportaran en el formato "Reporte Mantenimiento preventivo y/o correctivo del vehículo".

Se determinará la prioridad de la corrección de acuerdo a la siguiente tabla:

<b>PRIORIDAD PRIMARIA</b> (Se inmoviliza el vehículo y se manda un reemplazo en caso de ser necesario)	Daño mecánico del vehículo, Suspensión, Dirección, Frenos, Llantas (Unidad Hidráulica MA), y en general aquel que pueda comprometer la seguridad. Aditamentos y accesorios para el funcionamiento del vehículo como: puntas de cargadores, Martillo
<b>PRIORIDAD SECUNDARIA</b> (Se termina la ruta y se le realiza su respectivo correctivo)	Sistema de iluminación y de audio
<b>PRIORIDAD TERCIARIA</b> (Se busca un día en la semana en el cual el vehículo no preste ningún servicio y se entra a reparación)	Accesorios de vehículo, corrección de latonería y pintura (Carrocería y seguridad)

## Metodología

Se determinó la taxonomía de los sistemas mecánicos a los cuales se aplicó la metodología RCM. Así:



Inicialmente se verificó los costos de mantenimiento almacenados en el software, verificando específicamente los correctivos realizados en los vehículos Chevrolet LV150.

Partiendo de los mantenimientos correctivos realizados en los últimos dos años se comprobó que el foco de gastos de mantenimiento eran gastos asociados a los sistemas de ruedas y los subsistemas frenos, suspensión, eje y dirección que lo complementan.

Así se tiene el costo de mantenimiento de los últimos dos años fue COP\$139.178.869 según el registro de gastos de mantenimiento para los 3 vehículos tipo LV150, distribuidos como se aprecia en la siguiente tabla:

SISTEMA	CANT. CORRECTIVOS	COSTO TOTAL X SISTEMA
CARROCERÍA	92	\$ 38.151.582
<b>RUEDAS</b>	<b>110</b>	<b>\$ 28.760.660</b>
SUBSISTEMA DE INYECCIÓN	32	\$ 19.654.386
SUBSISTEMA DE LUBRICACIÓN	21	\$ 12.063.709
GASTO OPERATIVO	24	\$ 8.683.937
SUBSISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	11	\$ 6.067.810
MOTOR	25	\$ 5.888.593
CHASIS	30	\$ 4.396.729
SUBSISTEMA DE REFRIGERACIÓN	12	\$ 3.599.671
SUBSISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	38	\$ 3.536.210
SISTEMA ELECTRICO	76	\$ 3.452.319
TRANSMISIÓN	30	\$ 3.346.133
DIFERENCIAL	3	\$ 1.071.796
SUBSISTEMA DE TURBOCOMPRESIÓN	2	\$ 137.886
<b>TOTAL</b>	<b>514</b>	<b>\$ 139.178.869</b>

**Tabla 2.** Costos asociados al mantenimiento de los buses en los últimos dos años.

Se observó que el sistema con el mayor costo directo en el último año han sido las carrocerías, sin embargo dado que son costos asociados a colisiones y teniendo en cuenta que el mayor número de intervenciones están asociadas al sistema de ruedas se establece como punto de partida para la creación del plan de mantenimiento basado en confiabilidad, enfocándose en los subsistemas que componen las ruedas.

Se inició con un despiece de los subsistemas que afectan directamente las ruedas del vehículo, se analizó el sistema de frenos, la suspensión, y el eje. Se procedió enunciando la función de cada elemento para cada uno de los subsistemas propuestos, primero con el nombre, después con la respectiva acción y finalmente un objeto donde recae la acción. Así se obtuvo para cada sistema la siguiente información.



## Frenos

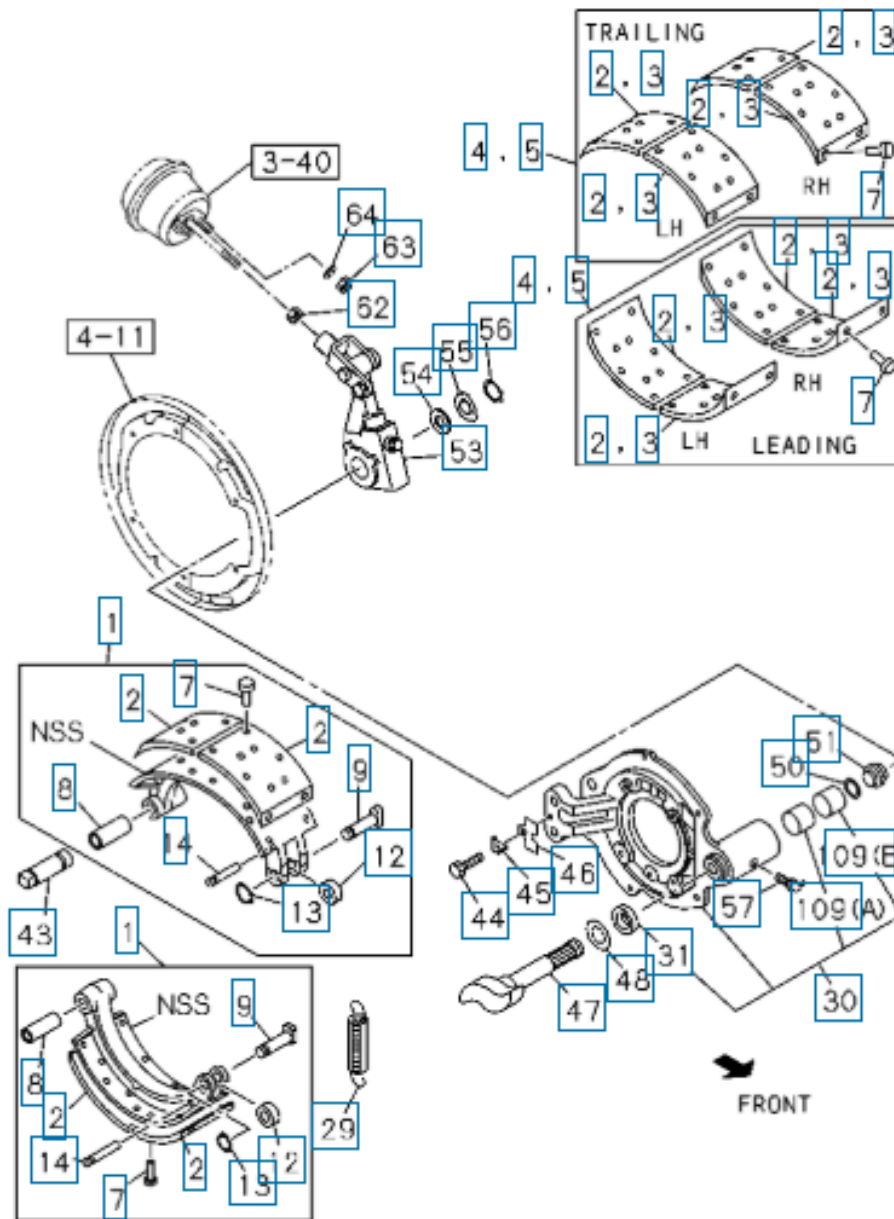


Imagen 1. Despiece Sistema de frenos

COMPONENTE	ACCIÓN	OBJETO
ZAPATA	FIJAR	BANDA FRENO
TEJA CERAMICA	DETENER	RODAMIENTO DE LA CAMPANA
	DESGASTAR	ASBESTO
TARROS	ACCIONAR	ZAPATAS

Tabla 3. Enunciado de las funciones para componentes de los frenos.

## Suspensión

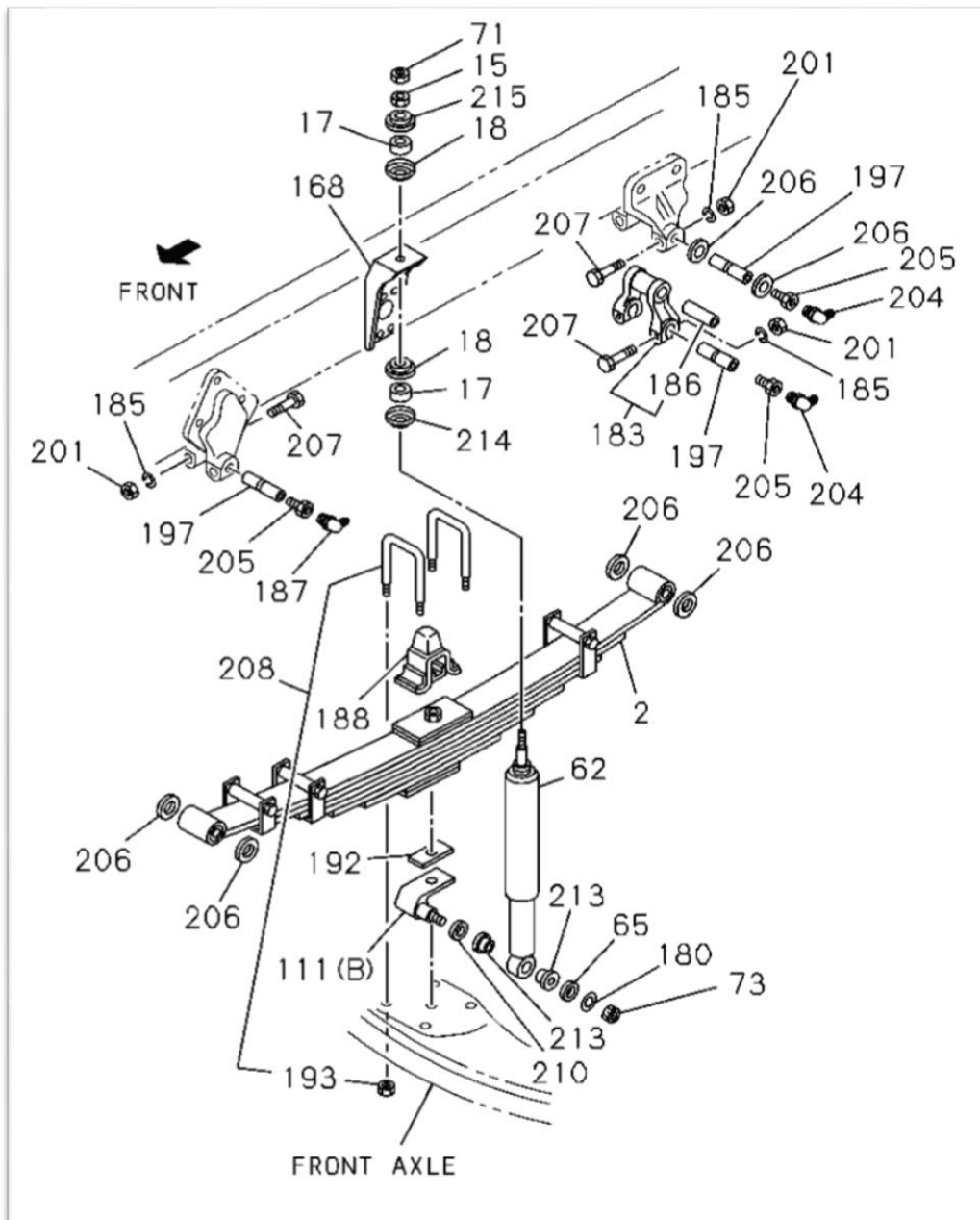
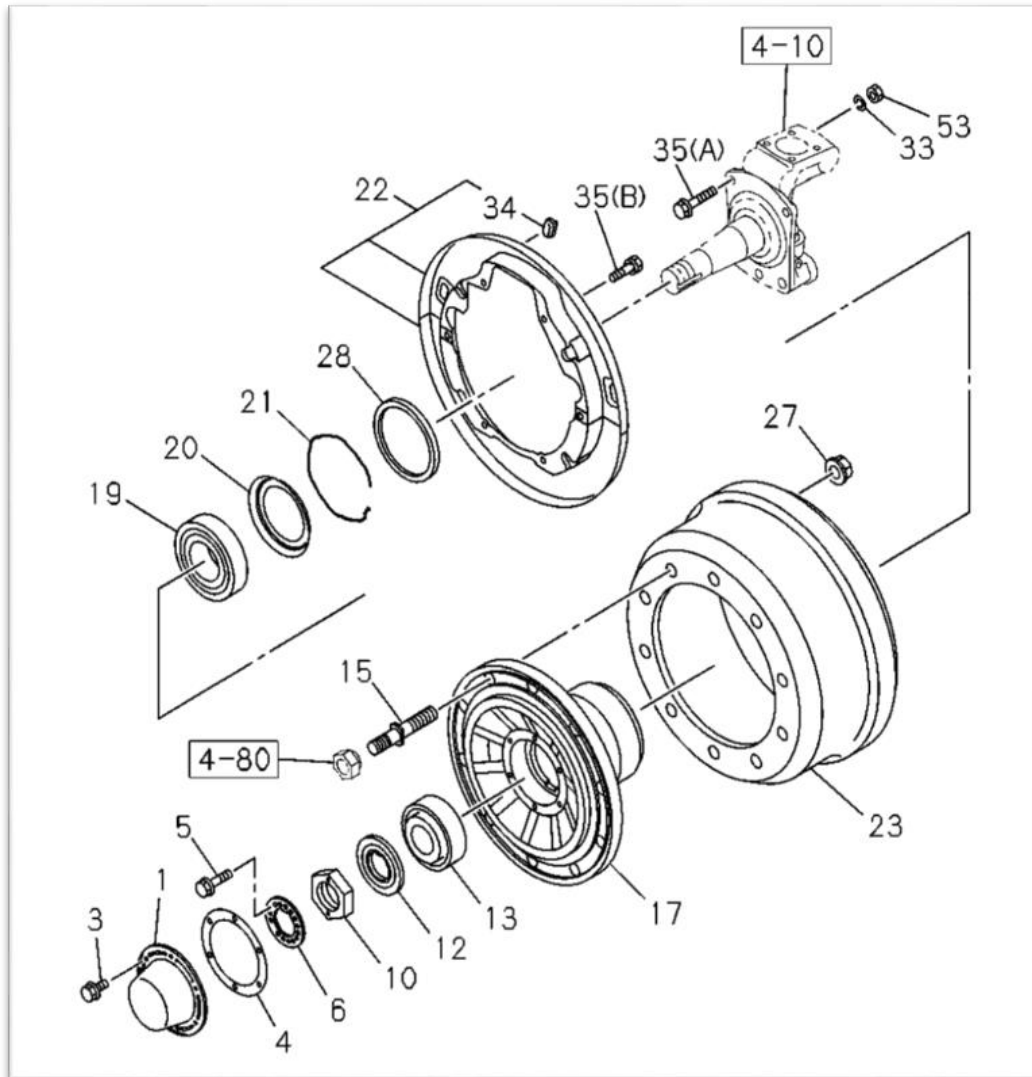


Imagen 2. Despiece de la suspensión.

COMPONENTE	ACCIÓN	OBJETO
MUELLE	SOPORTAR	CHASIS
	CONECTAR	MASA SUSPENDIDA Y NO SUSPENDIDA
AMORTIGUADOR	ABSORVER	ENERGÍA DEL MUELLE
PASADORES	PIVOTAR	CON LA DEFORMACIÓN DEL MUELLE
GRAPAS	FIJAR	MUELLE CON EL EJE

Tabla 4. Enunciado de las funciones para componentes de la suspensión.

## Eje Cubo y Campana de freno

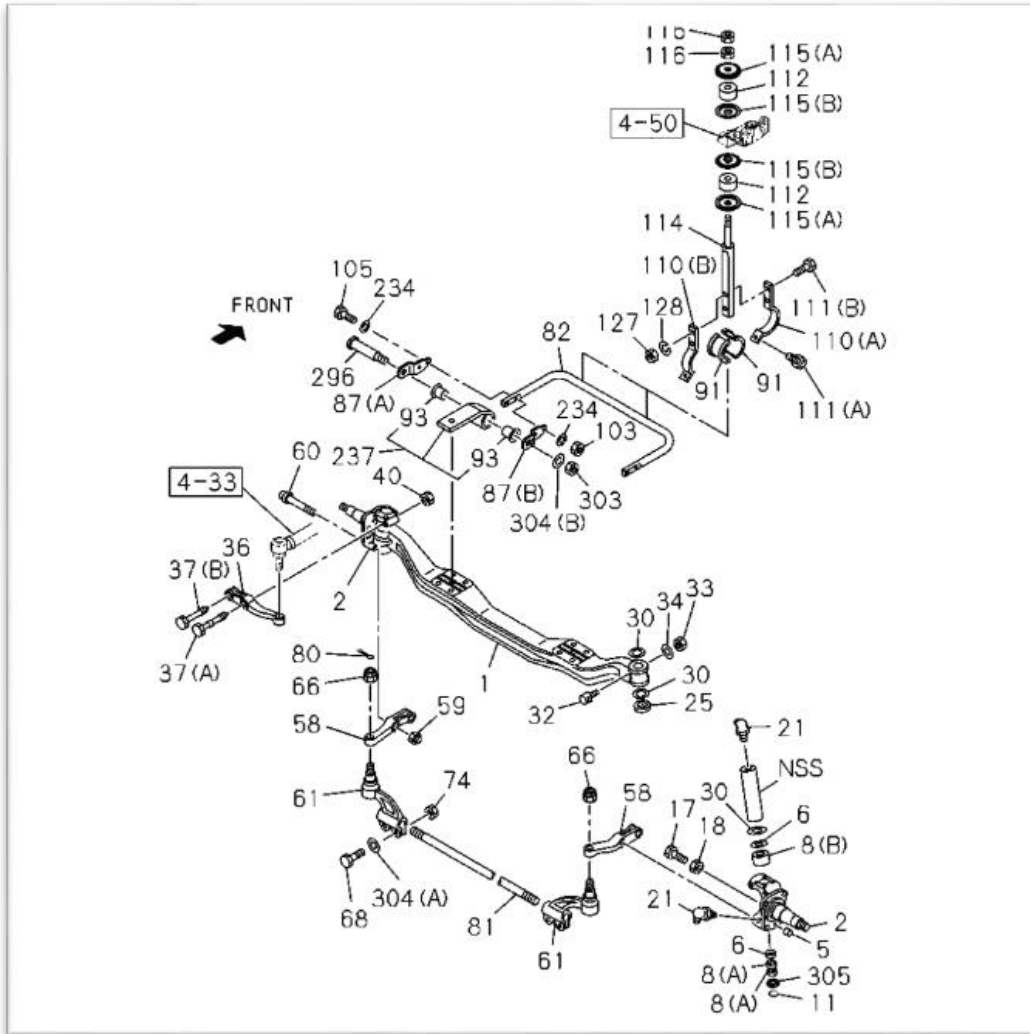


**Imagen 3.** Despiece del cubo y la campana.

COMPONENTE	ACCIÓN	OBJETO
TUERCA	FIJAR	EJE CUBO EN EL EN LA PUNTA DE EJE (KNUCKLE)
RODAMIENTO EXTERNO	GIRAR	CUBO CON RESPECTO AL EJE
PERNO	FIJAR	CUBO EN LA CAMPANA
CUBO	ROTAR	SOBRE EL RODAMIENTO
RODAMIENTO INTERNO	GIRAR	CUBO CON RESPECTO AL EJE
CAMPANA	DESGASTAR	HIERRO EN DISIPAR MOVIMIENTO

**Tabla 5.** Enunciado de las funciones para componentes del cubo y la campana.

## Eje o troque



**Imagen 4.** Despiece del eje direccional.

COMPONENTE	ACCIÓN	OBJETO
TROQUE	ALINEAR	EJE DE GIRO DE LAS RUEDAS DELANTERAS
'STUB AXLE'	ROTAR	RESPECTO AL TROQUE
	PERMITIR	GIRO RELATIVO
BARRA ESTABILIZADORA	EVITAR	MOVIMIENTO RELATIVO ENTRE LAS VIGAS DEL CHASIS
BUJES DE BARRA	EVITAR	DESGASTE DE LA BARRA ESTABILIZADORA

**Tabla 6.** Enunciado de las funciones para componentes del troque.

Teniendo en cuenta las normas técnicas competentes, manuales del fabricante y manual de mantenimiento del vehículo se determinó el tipo de medida que mejor determinara el nivel de calidad de cada elemento de los subsistemas. De esta manera para los diferentes subsistemas se obtuvo el



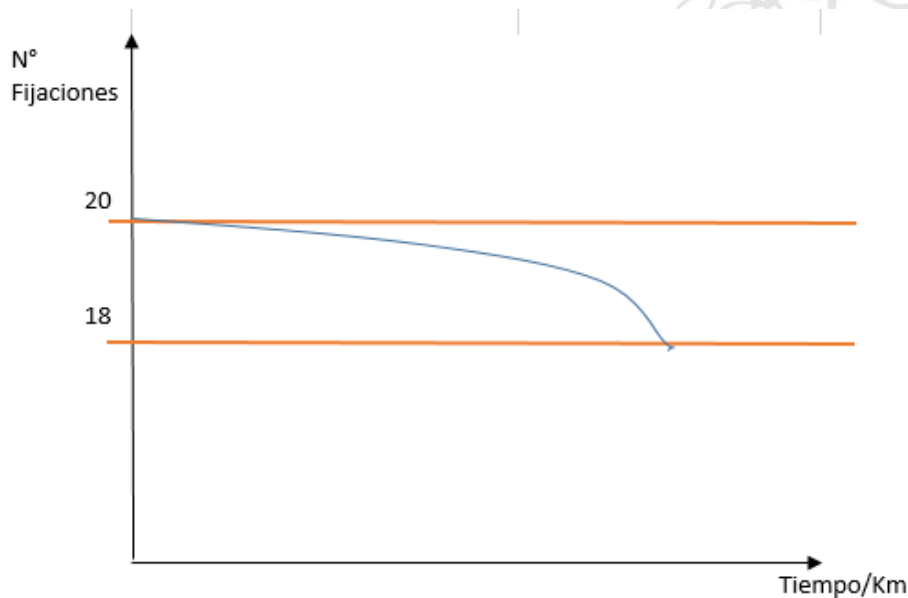
respectivo parámetro de medida que permita establecer un valor de rendimiento esperado. Así:

### Frenos

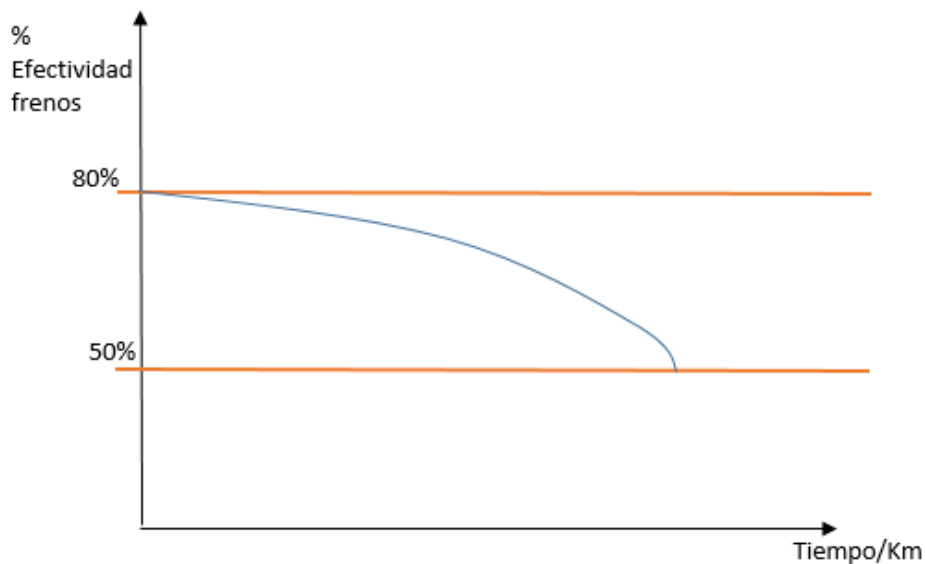
COMPONENTE	REVISIÓN/CALIDAD	LIM. INFERIOR	LIM. SUPERIOR	MEDIDA
ZAPATA	CANTIDAD DE FIJACIONES	18	20	REMACHES
TEJA CERAMICA	NTC 5372 EFICACIA ( $\geq$ )50%	50	80	%
	ESPESOR DE BANDA	15	20	mm
TARROS	PRESIÓN CONTENIDA	100	115	PSI

**Tabla 4.** Rendimiento esperado para cada componente de los frenos.

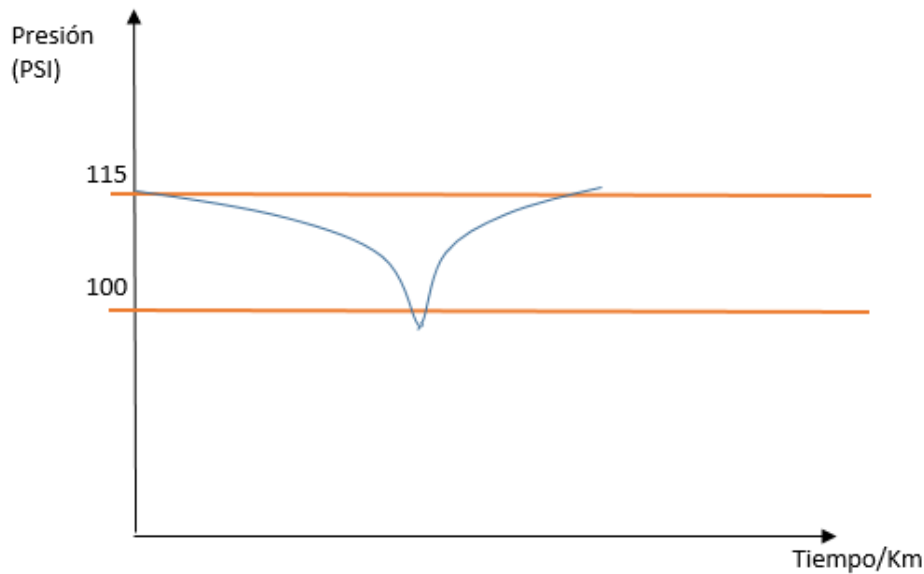
De la información recopilada en la Tabla 7 fue posible graficar analíticamente la función correspondiente a cada componente, posteriormente se determinó las fallas funcionales.



**Ilustración 3.** Función zapatas de freno.



**Ilustración 4.** Función teja cerámica de freno.



**Ilustración 5.** Función presión de aire frenos.

Para cada componente se establecieron los diferentes tipos de falla según el valor ubicado en el intervalo de la función que se estableció previamente.

INTERVALO DE LA FUNCIÓN	ZAPATA	TEJA CERAMICA		TARROS
NULO	SIN FIJACIÓN	SIN FRENADO	SIN BANDA	SIN PRESIÓN EN EL SISTEMA
NULO < MEDIDA < LIM. INFERIOR	FIJACIÓN LIMITADA	FRENADO LIMITADO	BANDA MUY DELGADA	PRESIÓN INSUFICIENTE
MEDIDA > LIM. SUPERIOR	N/A	N/A	N/A	N/A
INTERMITENTE	N/A	EFFECTIVIDAD DISMINUYE Y AUN	N/A	PRESIÓN CAE Y RESTABLECE

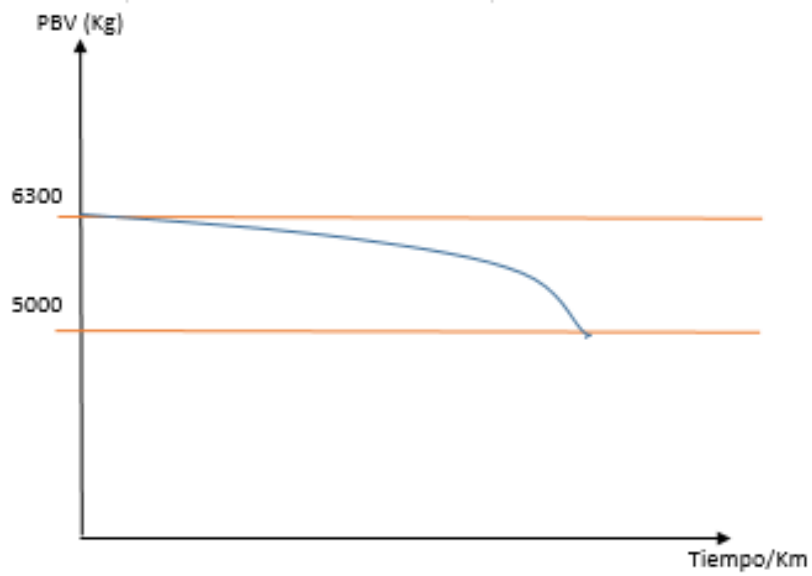
**Tabla 8.** Fallas funcionales según intervalo para los componentes de los frenos.

Para cada sistema analizado se terminó la función y el gráfico analítico utilizando el mismo procedimiento que para el sistema de frenos, obteniendo:

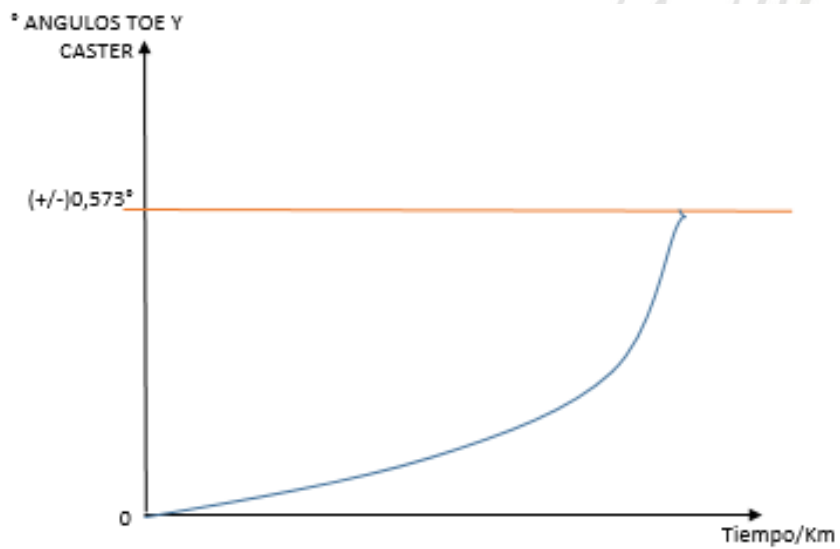
### Suspensión

ELEMENTO	REVISIÓN/CALIDAD	LIM. INFERIOR	LIM. SUPERIOR	MEDIDA
MUELLE	MAX. PBV DELANTERO	5000	6300	Kg (PBV DELANTERO)
	NTC 5372 (+/-)10m/Km	0	+0,573°	ANGULO TOE Y CASTER
AMORTIGUADOR	MANUAL DEL FABRICANTE	183	197	Nm TORQUE
PASADORES	MANUAL DEL FABRICANTE	183	197	Nm TORQUE
GRAPAS	NTC 5372 (+/-)10m/Km	0	+0,573°	ANGULO TOE

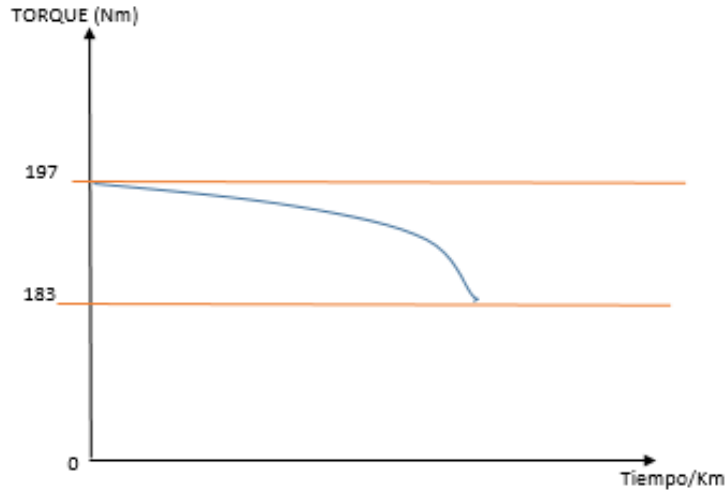
**Tabla 9.** Rendimiento esperado para cada componente de suspensión.



**Ilustración 1.** Función capacidad de peso. PBV.



**Ilustración 2.** Función ángulo desviación ruedas



**Ilustración 8.** Función torque de ajuste amortiguador y pasadores.

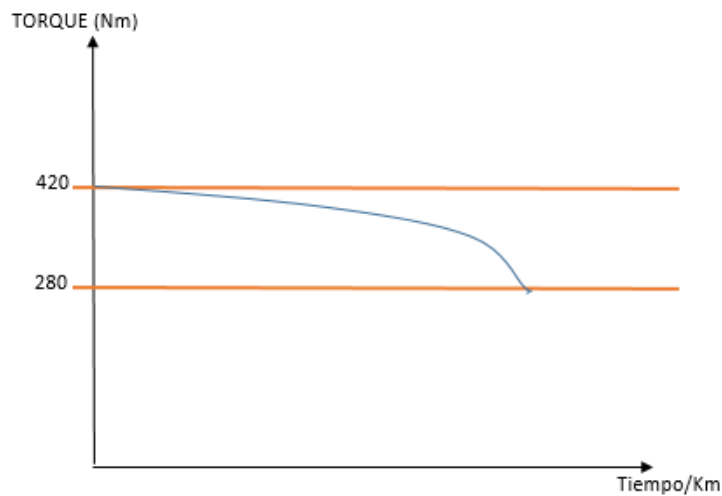
INTERVALO DE LA FUNCIÓN	MUELLE	AMORTIGUADOR	PASADORES	GRAPAS
NULO	N/A	SIN TORQUE	SIN TORQUE	SIN RECORRIDO
NULO < MEDIDA < LIM. INFERIOR	N/A	TORQUE INSUFICIENTE	TORQUE INSUFICIENTE	ALTURA MENOR AL DISEÑO
MEDIDA > LIM. SUPERIOR	SOBREPESO	TORQUE EXCEDIDO	TORQUE EXCEDIDO	N/A
INTERMITENTE	N/A	N/A	N/A	N/A

**Tabla 10.** Fallas funcionales según intervalo de la función para los componentes de la suspensión.

### Eje Cubo y Campana

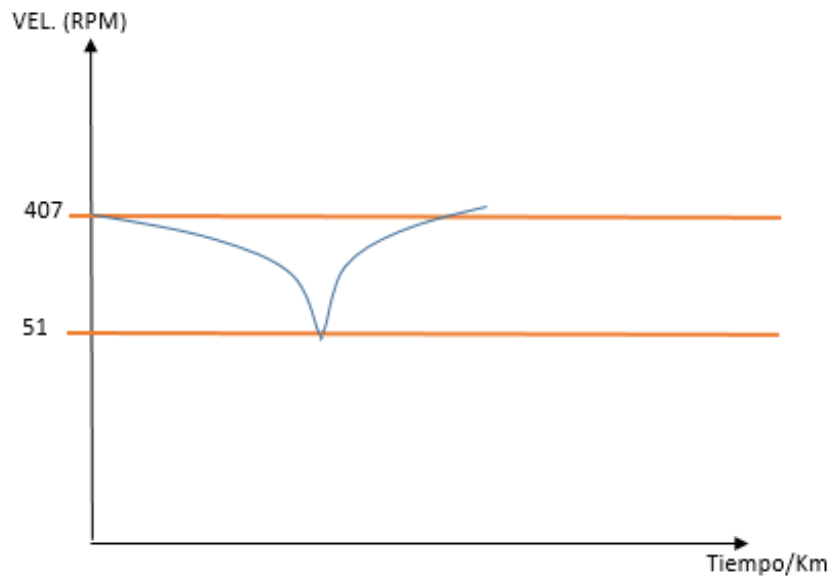
ELEMENTO	REVISIÓN/CALIDAD	LIM. INFERIOR	LIM. SUPERIOR	MEDIDA
TUERCA	TORQUE (CATALOGO DE FABRICANTE)	280	420	Nm
RODAMIENTO EXTERNO	VELOCIDAD REQUERIDA	51	407	RPM
PERNO	TORQUE SEGUN MANUAL	280	420	Nm
CUBO	TORQUE SEGÚN MANUAL	280	420	Nm
RODAMIENTO INTERNO	VELOCIDAD DEL RODAMIENTO	51	407	RPM
CAMPANA	416mm (DIAMETRO INTERNO) MAX.	414	416	mm

**Tabla 5.** Rendimiento esperado para cada componente del conjunto de rueda.

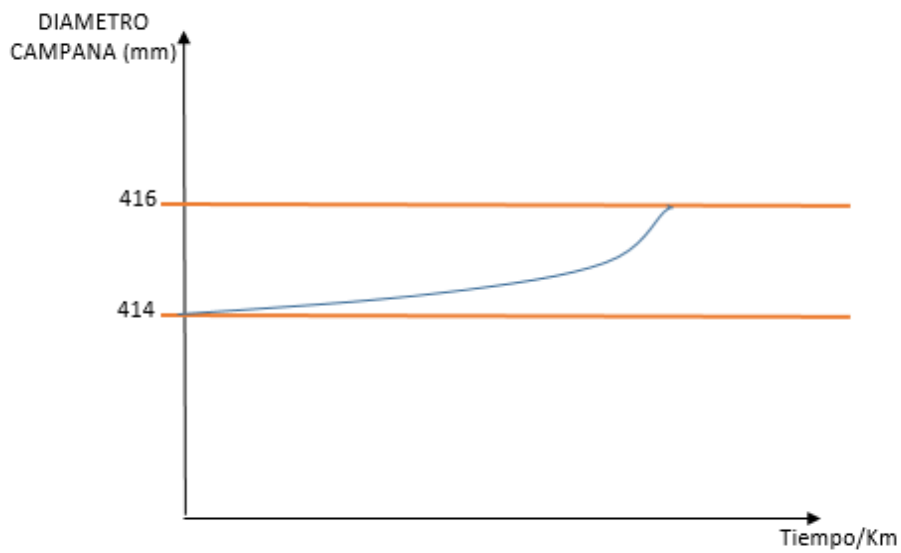


**Ilustración 3.** Función torque de ajuste tuerca eje principal.





**Ilustración 4.** Función velocidad de giro de los rodamientos.



**Ilustración 5.** Función diámetro máximo de campana.

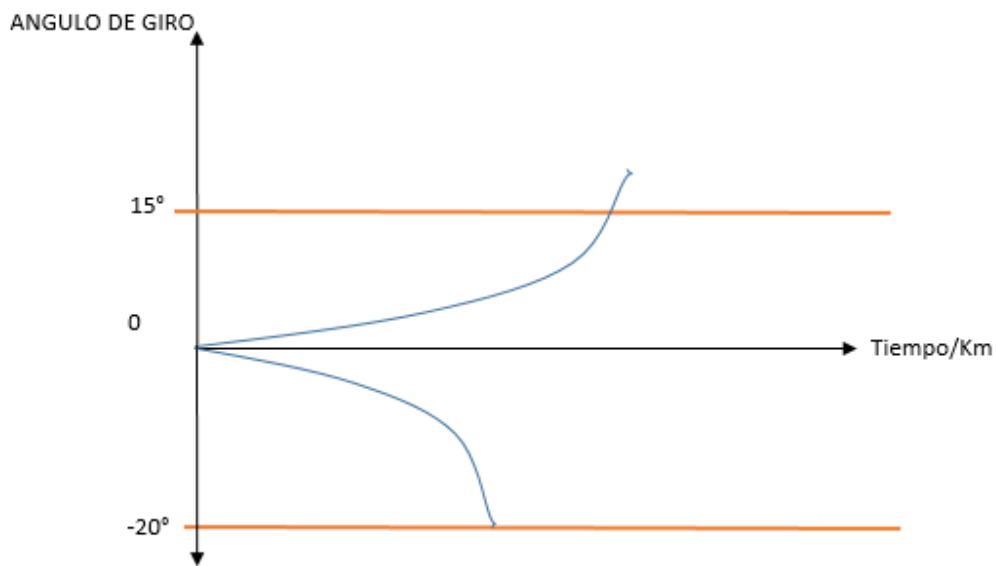
INTERVALO DE LA FUNCIÓN	TUERCA	RODAMIENTO EXTERNO	PERNO	CUBO	RODAMIENTO INTERNO	CAMPANA
NULO	RUEDA SUELTA	RODAMIENTO FRENADO	SIN TORQUE	SIN TORQUE	RODAMIENTO FRENADO	SIN TORQUE
NULO < MEDIDA < LIM. INFERIOR	TORQUE INSUFICIENTE	N/A	TORQUE INSUFICIENTE	TORQUE INSUFICIENTE	N/A	TORQUE INSUFICIENTE
MEDIDA > LIM. SUPERIOR	TORQUE EXCEDIDO	N/A	TORQUE EXCEDIDO	TORQUE EXCEDIDO	N/A	TORQUE EXCEDIDO

**Tabla 6.** Fallas funcionales según intervalo de la función para los componentes de la rueda.

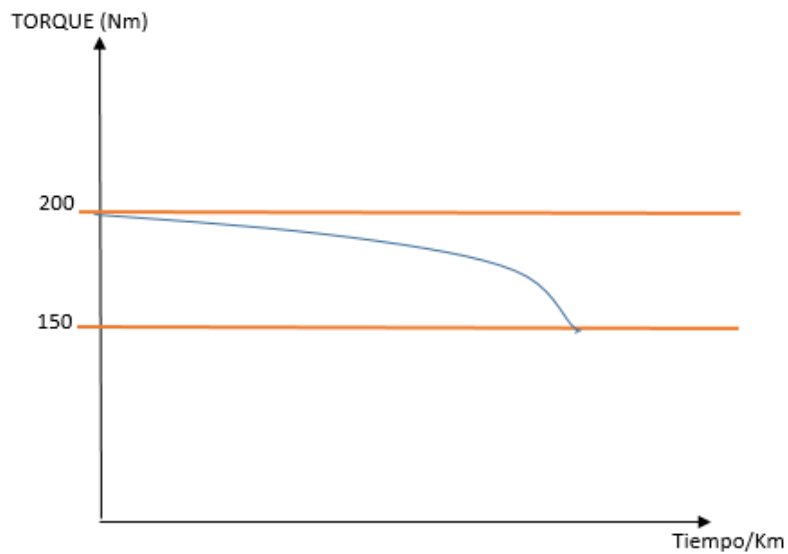
## Eje Principal o Troque

OBJETO	REVISIÓN/CALIDAD	LIM. INFERIOR	LIM. SUPERIOR	MEDIDA
TROQUE	NTC 5372 (+/-)10m/Km	0	+0,573°	ANGULOS CAMBER Y CASTER
STUB AXLE	CONVERGENCIA GIRO	-20°	15°	ANGULOS DE GIRO
	VELOCIDAD DE GIRO	51	407	RPM( VELOCIDAD ROTACIÓN )
BARRA ESTABILIZADORA	TORQUE	150	200	Nm (TORQUE AJUSTE DE LOS BUJES)
BUJES DE BARRA	DIMENSIONES EN LA SECCIÓN DE BARRA	50,8	53,975	mm (Ø DE LA BARRA)

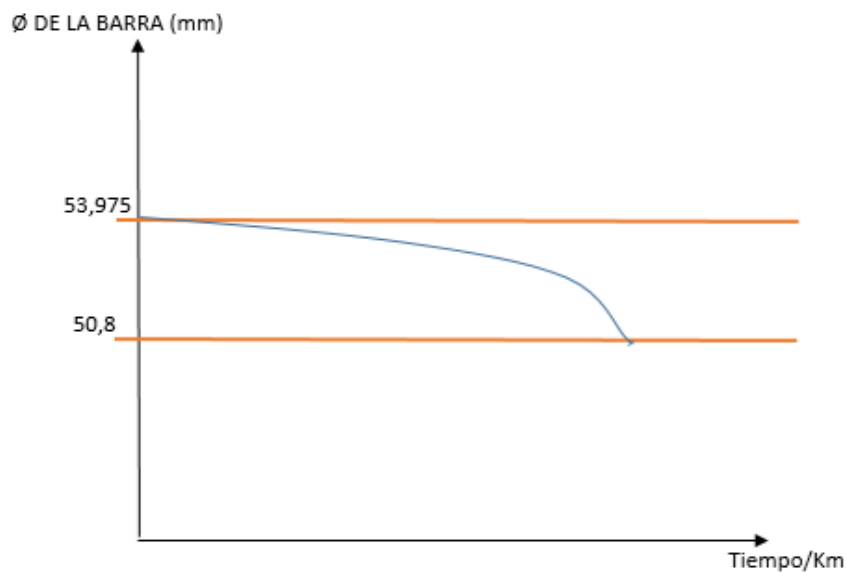
**Tabla 7.** Rendimiento esperado para cada componente del eje.



**Ilustración 6.** Función del ángulo de giro máximo



**Ilustración 7.** Función torque de la barra estabilizadora.



**Ilustración 8.** Función diámetro sección de los bujes.

INTERVALO DE LA FUNCIÓN	TROQUE	STUB AXLE		BARRA ESTABILIZADORA
<b>NULO</b>	N/A	SIN DIRECCIÓN	RODAMIENTO FRENADO	FIJACIONES SUELTAS
<b>NULO &lt; MEDIDA &lt; LIM. INFERIOR</b>	N/A	N/A	N/A	TORQUE INSUFICIENTE
<b>MEDIDA &gt; LIM. SUPERIOR</b>	CAMBER Y CASTER EXCESIVO	SIN ANGULO DE GIRO	N/A	N/A
<b>INTERMITENTE</b>	N/A	N/A	RODAMIENTO AVERIADO	N/A

**Tabla 14.** Fallas funcionales según intervalo para los componentes del eje.

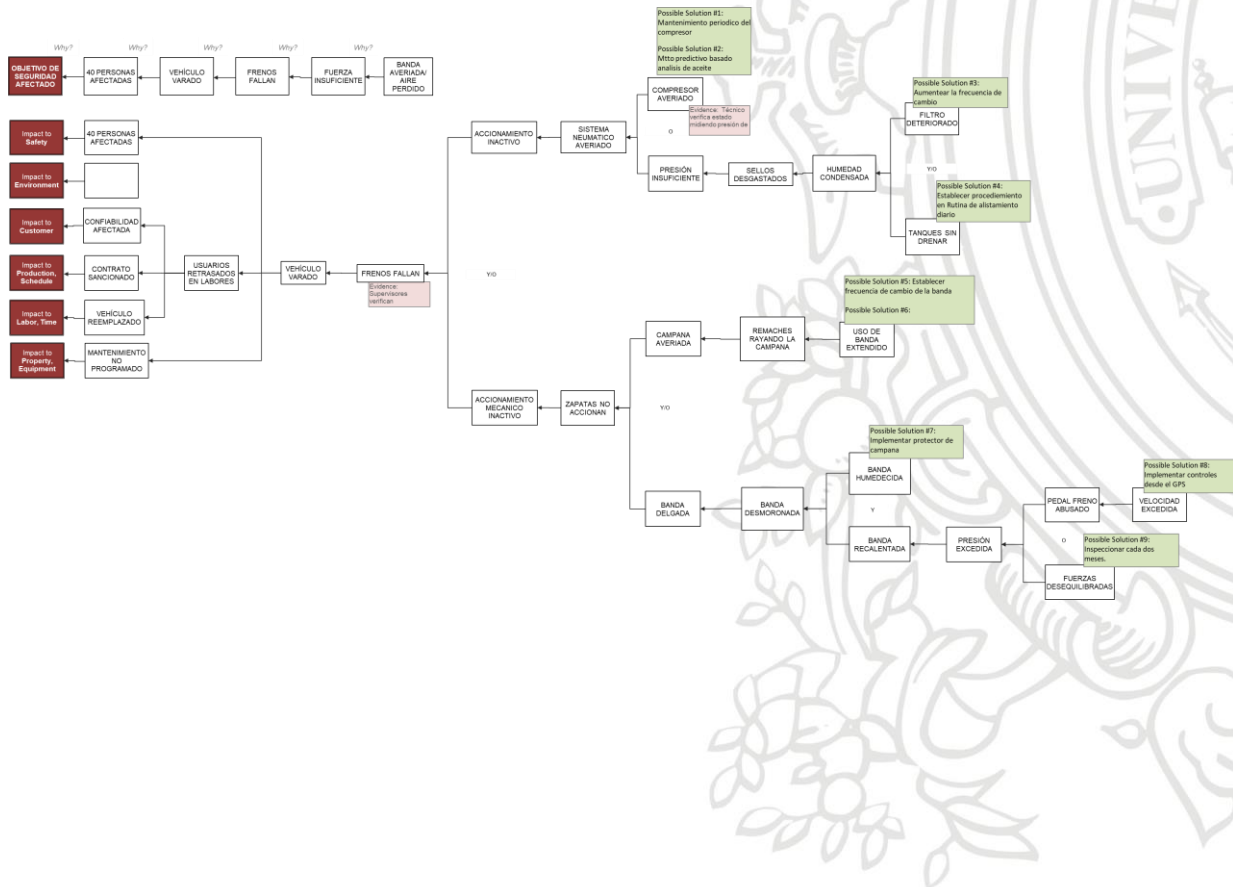
De este modo se establecieron las fallas funcionales. A partir de estos es posible determinar los diferentes modos de falla y establecer las causas de falla. Con la herramienta CauseMapping® se determinaron las causas para los modos de falla más comunes y/o más costosos en cada uno de los sistemas o subsistemas. Esta herramienta propone ir de las consecuencias y analizar a partir de ahí las causas de falla, así se determinaron posibles soluciones para las diferentes causas encontradas; A continuación se presentan los modos de fallas y como se abordó el análisis de cada uno (Ver anexos: Causa raíz frenos, causa raíz suspensión, causa raíz rueda, causa raíz troque para ampliar información del análisis propuesto).

Para el análisis se inicia con el problema, que en este caso es el modo de falla estudiado, se debe indicar fecha en que ocurrió, en los anexos para cada modo de falla se encuentra la hora 'Timeline' Con todos los eventos en que se registró el mismo tipo de falla. Se especifica lugar y área directamente afectada por el evento de falla y se procedió con el mapeo de las causas.

## CONSECUENCIAS DE FALLA DEL FRENADO INSUFICIENTE

<b>What</b>	Problem(s)	FUERZA DE FRENADO INSUFICIENTE	
<b>When</b>	Date	VER 'TIMELINE'	
	Time	5:00 AM	
	Different, unusual, unique	MUY FRECUENTE	
<b>Where</b>	Facility, site	INICIANDO RUTA	
	Unit, area, equipment	BUSES	
	Task being performed	RUTAS ADMINISTRATIVAS	
<b>Impact to each GOAL</b>			
	<b>Safety</b>	40 PERSONAS EN RIESGO (PERSONAS A BORDO)	
	<b>Customer</b>	PERDIDA DE CONFIABILIDAD	
	<b>Production, Schedule</b>	SANCIÓN CONTRATO	\$50.000
	<b>Property, Equipment</b>	PROMEDIO POR INTERVENCIÓN	\$121.000
	<b>Labor, Time</b>	REEMPLAZO	\$300.000
		This incident	\$471.000
Frequency		MAS DE 20 CASOS EN LOS 3 BUSES	21
		Annualized Cost	\$9.891.000

## MAPEO DE CAUSAS 'FUERZA DE FRENADO INSUFICIENTE'





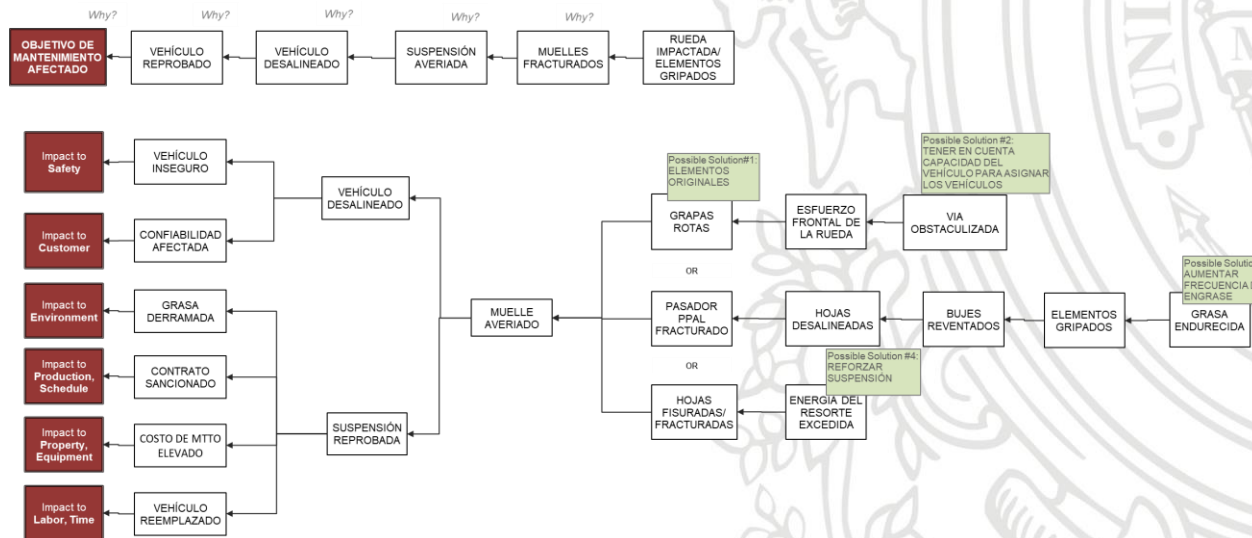
## CONSECUENCIAS DE FALLA DEL VEHÍCULO INCLINADO

<b>What</b>	Problem(s)	VEHÍCULO INCLINADO/ ATRAVESADO
<b>When</b>	Date	CADA DOS MESES
	Time	VER 'TIME LINE'
	Different, unusual, unique	EN LA MITAD DE VIDA UTIL
<b>Where</b>	Facility, site	DURANTE REVISIÓN TECNICA CADA DOS MESES
	Unit, area, equipment	BUSES PARA 40 PASAJEROS
	Task being performed	REVISIÓN DE MANTENIMIENTO BIMESTRAL

<b>Impact to each GOAL</b>		
<b>Safety</b>	INESTABILIDAD EN EL RUMBO	
<b>Customer</b>	NO CONFORMIDAD	
<b>Production, Schedule</b>	REEMPLAZOS	\$200.000
<b>Property, Equipment</b>	PROMEDIO POR INTERVENCIÓN	\$348.976
<b>Labor, Time</b>	HORAS DE PARADA	\$321.000
		<b>This incident</b> \$869.976
Frequency	56 CORRECTIVOS EN 2 AÑOS	28
		<b>Annualized Cost</b> \$24.359.318

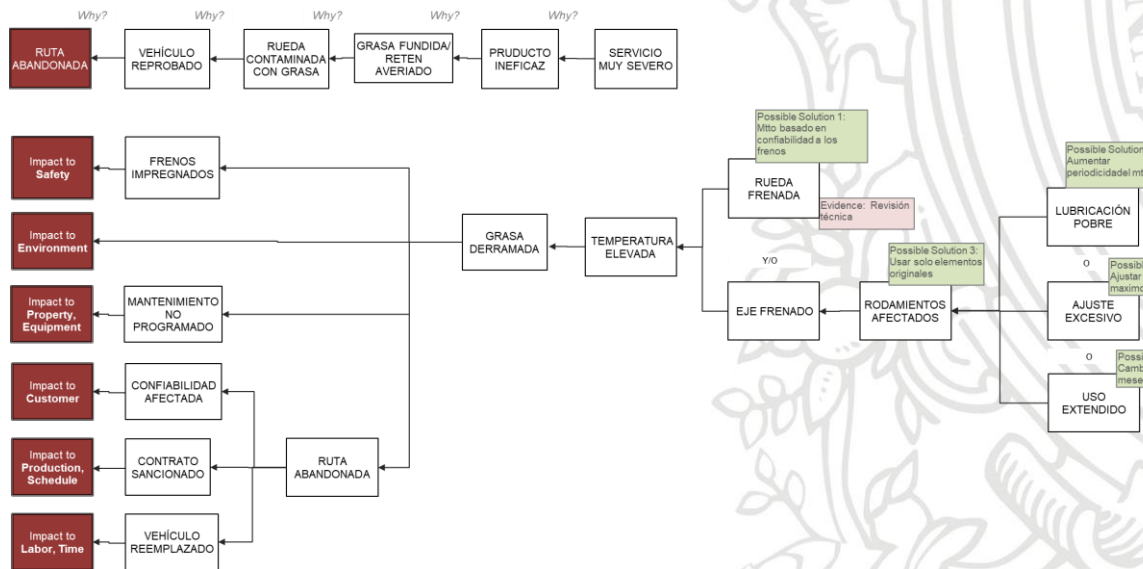
## MAPEO DE CAUSAS 'VEHÍCULO INCLINADO O ATRAVESADO'



## CONSECUENCIAS DE FALLA DE LA RUEDA IMPREGNADA DE ACEITE

<b>What</b>	Problem(s)	RUEDA IMPREGNADA DE ACEITE	
	<b>When</b>	Date	VER 'TIME LINE'
	Time	5:00 AM	
<b>Where</b>	Different, unusual, unique	REPORTE PREOPERACIONAL	
	Facility, site	ANTES DE SALIR A RUTA	
	Unit, area, equipment	BUSES	
	Task being performed	RUTAS ADMINISTRATIVAS	
<b>Impact to each GOAL</b>			
<b>Safety</b>		VEHÍCULO INHABILITADO	
<b>Environment</b>		GRASA PERDIDA	
<b>Customer</b>		CONFIABILIDAD AFECTADA	\$480.000
<b>Production, Schedule</b>		SANCIÓN AL CONTRATO	\$50.000
<b>Property, Equipment</b>		COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$331.200
<b>Labor, Time</b>		VEHÍCULO REEMPLAZADO	\$300.000
		This incident	\$681.200
Frequency	DIEZ CASOS EN DOS AÑOS	5	
		Annualized Cost	\$3.406.000

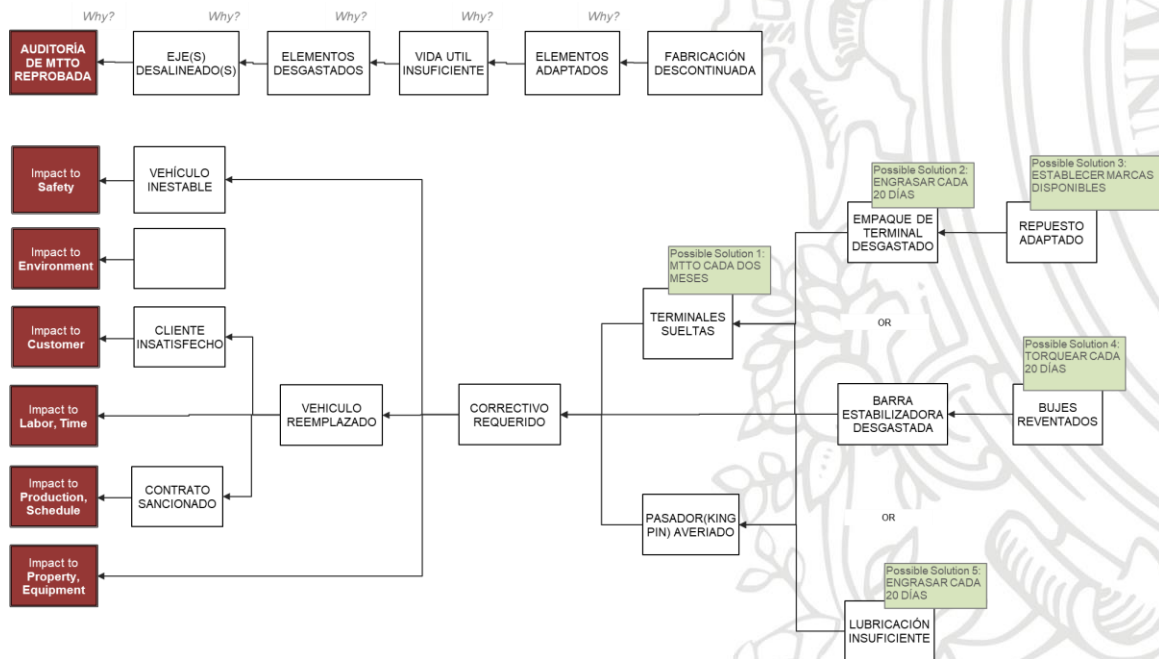
## MAPEO DE CAUSAS 'RUEDA IMPREGNADA DE ACEITE'



## CONSECUENCIAS DE FALLA CUANDO EL VEHÍCULO REPRUEBA ALINEACIÓN

<b>What</b>	Problem(s)	VEHÍCULO REPROBADO EN AUDITORÍA DE MTTO	
	<b>When</b>	Date	VER TIMELINE
	Time	DURANTE INSPECCIÓN TÉCNICA	
<b>Where</b>	Different, unusual, unique	CADA DOS MESES	
	Facility, site	CDA	
	Unit, area, equipment	BANCO DE PRUEBA	
	Task being performed	REVISIÓN BIMESTRAL	
<b>Impact to each GOAL</b>			
<b>Safety</b>		VEHÍCULO INESTABLE	
<b>Environment</b>			
<b>Customer</b>		CLIENTE INSATISFECHO	
<b>Production, Schedule</b>		SANCIÓN AL CONTRATO	\$50.000
<b>Property, Equipment</b>		PROMEDIO DE INTERVENCIÓN	\$3.225.311
<b>Labor, Time</b>		REEMPLAZO	\$300.000
		This incident	\$3.575.311
Frequency	8 CASOS EN DOS AÑOS	4	
		Annualized Cost	\$14.301.244

## MAPEO DE CAUSAS 'VEHÍCULO REPROBADO EN AUDITORIA DE MTTO'



Según cada modo de falla se estableció las diferentes causas de falla mediante la implementación de la matriz de mapeo de causas. En las causas de falla se establecieron posibles soluciones que posteriormente fueron revisadas por medio de la matriz de soluciones, que permite establecer las soluciones más viables.

### Fuerza frenado insuficiente

Possible Solutions for Consideration

Ref.	Possible Solution	Cause Controlled	Work Process <i>(process to be improved)</i>
1	Mantenimiento periódico del compresor	FALLOS EN EL COMPRESOR Y LA LINEA PRINCIPAL DE AIRE	REALIZAR MTTTO DEL COMPRESOR CADA 5 PERIODOS DE LUBRICACIÓN Y VERIFICAR
2	Mtto predictivo basado analisis de aceite	FALLOS EN EL PISTÓN DEL COMPRESOR	TENER EN CUENTA LAS IMPUREZAS CONTENIDAS EN EL ACEITE
3	Aumentear la frecuencia de cambio del filtro secador de aire	HUMEDAD EN EL SISTEMA DE AIRE	CAMBIAR FILTRO SECADOR 1 VEZ ENTRE CADA PERIODO DE LUBRICACIÓN
4	Drenar los tanques en la rutina de alistamiento diario	ACUMULACIÓN DE AGUA EN LOS TANQUES	INCLUIR EN LA PLANILLA DE ALISTAMIENTO DIARIO LA VERIFICACIÓN Y DRENAJE DE LOS TANQUES
5	Establecer una frecuencia de cambio de la banda de freno	DESGASTE EXCESIVO DE LA BANDA DE FRENO	RUTINA DE MTTTO DE FRENOS CON DESMONTAJE Y MEDIR ESPESOR DE BANDA CADA DOS PERIODOS DE LUBRICACIÓN O CADA DOS MESES
6	Inspeccionar cada dos meses	DESGASTE EXCESIVO DE LA BANDA DE FRENO	REVISAR EFECTIVIDAD DEL FRENADO
7	Implementar protector de campana	AGUA DEL AMBIENTE	INVERTIR EN GUARDAS PROTECTORAS
8	Implementar controles desde el GPS	EXCESO DE VELOCIDAD Y FRENADAS BRUSCAS	CONTROL EN LA OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS
9	Inspeccionar cada dos meses	DESEQUILIBRIO DE LAS FUERZAS DE FRENADO	REVISAR EQUILIBRIO DEL FRENADO

Tabla 15. Posibles soluciones para evitar la fuerza de frenado insuficiente.

Se establece la matriz de soluciones:

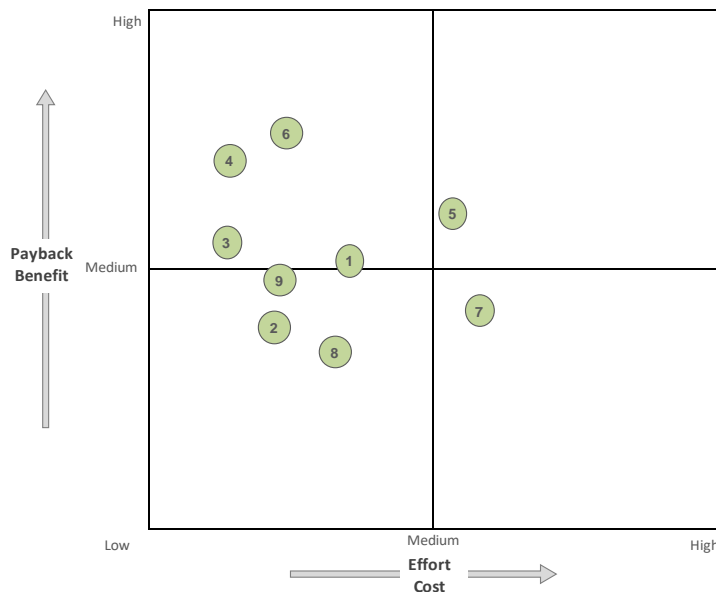


Ilustración 15. Matriz de soluciones causadas de fallas de los frenos



Determinando las soluciones más viables, es decir las del primer cuadrante en la matriz de soluciones.

**Implementation - Action Plan**

No.	Specific Actions <i>(specific actions to be taken)</i>	Owners <i>(names)</i>	Due Date	Measurable <i>(how will we verify completion and effectiveness)</i>	Status
1	Mantenimiento periodico del compresor	Tecnico de aire comprimido	Cada 30 Mil Km	Haciendo diagnostico cada 2 meses	
3	Aumentar la frecuencia de cambio del filtro secador de aire	Técnico Lubricador	Cada 3500 Km		
4	Drenar los tanques en la rutina de alistamiento diario	Conductor	Diario		
6	Inspeccionar cada dos meses el desgaste de la banda	CDA	Cada 60 días	Efectividad del frenado	
9	Inspeccionar cada dos meses equilibrio de los frenos	CDA	Cada 60 días	Equilibrio de las fuerzas de frenado	

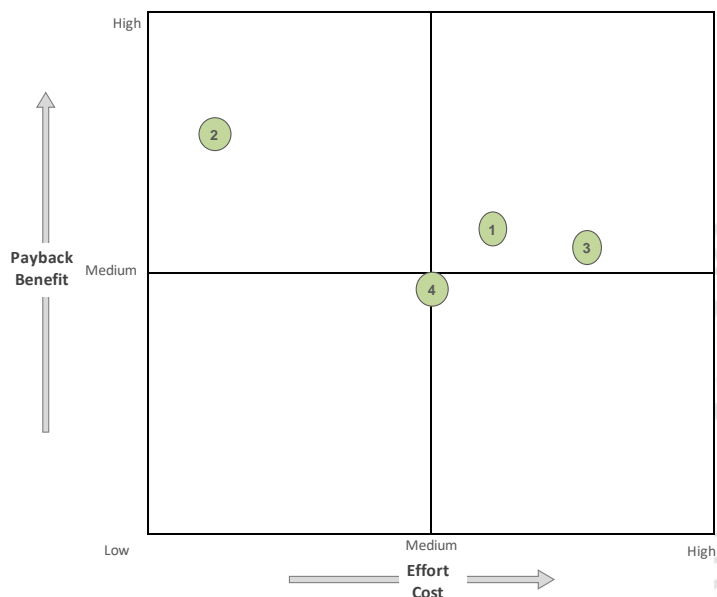
**Tabla 16.** Implementación del plan de acción para evitar deficiencia del frenado.

Procediendo de igual forma con los demás modos de falla se obtiene:

**Vehículo inclinado o atravesado**

Ref.	Possible Solution	Cause Controlled	Work Process <i>(process to be improved)</i>
1	REPUESTOS ORIGINALES	FRACTURA DE LAS GRAPAS	TODOS LOS ELEMENTOS DE SUSPENSIÓN SE ADQUIEREN DIRECTAMENTE AL IMPORTADOR
2	MEJORAR ASIGNACIÓN DE RUTAS	OBSTACULOS EN LAS CALLES DE LA RUTA. ANDENES, RISADOS, SUELO IRREGULAR	EN EL PROCESO DE OPERACIONES CADA RUTA TENER ESTABLECIDO LA LINEA DE VEHÍCULOS DISPONIBLE PARA LAS COORDINADORAS
3	AUMENTAR FRECUENCIA EN ENGRASES	GRIPADO DE LOS ELEMENTOS CON MOVIMIENTO RELATIVO	ENGRASAR CADA 3500Km
4	REFORZAR LA SUSPENSIÓN TRASERA	ENERGÍA DEL RESORTE EXCEDIDA	INSERTAR HOJAS DE MUELLE EN LA BALLESTA TRASERA PARA AUMENTAR ENERGÍA DE DEFORMACIÓN

**Tabla 17.** Posibles soluciones para evitar la inclinación de suspensión.



**Ilustración 16.** Matriz de soluciones causas de fallas de la suspensión

<b>No.</b>	<b>Specific Actions</b> <i>(specific actions to be taken)</i>	<b>Owners</b> <i>(names)</i>	<b>Due Date</b>
1	ADQUIRIR SOLO REPUESTOS ORIGINALES CON EL REPRESENTANTE DIRECTO	GESTOR MTTO	PROXIMAS ADQUISISIONES
2	TENER RUTAS ESTABLECIDAS Y VEHÍCULOS DETERMINADOS PARA CADA UNA	JEFE DE OPERACIONES	
3	CADA 3500 REALIZAR ENGRASE	TECNICO DE MTTO	

**Tabla 18.** Implementación del plan de acción para evitar averías de la suspensión.

## Rueda impregnada de aceite

### Possible Solutions for Consideration

Ref.	Possible Solution	Cause Controlled	Work Process <i>(process to be improved)</i>
1	Mtto basado en confiabilidad a los frenos	RUEDA FRENADA	RCM APLICADO EN LOS FRENOS
2	Aumentar periodicidad del mtto	LUBRICACIÓN POBRE	ENGRASAR CADA 15 DÍAS
3	Usar solo elementos originales	RODAMIENTOS AFECTADOS	ADQUISICIONES DE LA MARCA ORIGINAL
4	Ajustar con el torque máximo	AJUSTE EXCESIVO	UTILIZAR TORQUIMETRO PARA FIJAR LA TUERCA PRINCIPAL
5	Cambiar cada 4 meses	USO EXTENDIDO	CADA 4 MESES HACER MTTO CAMBIANDO ELEMENTOS AVERIADOS

Tabla 19. Posibles soluciones para evitar fugas de aceite en la rueda

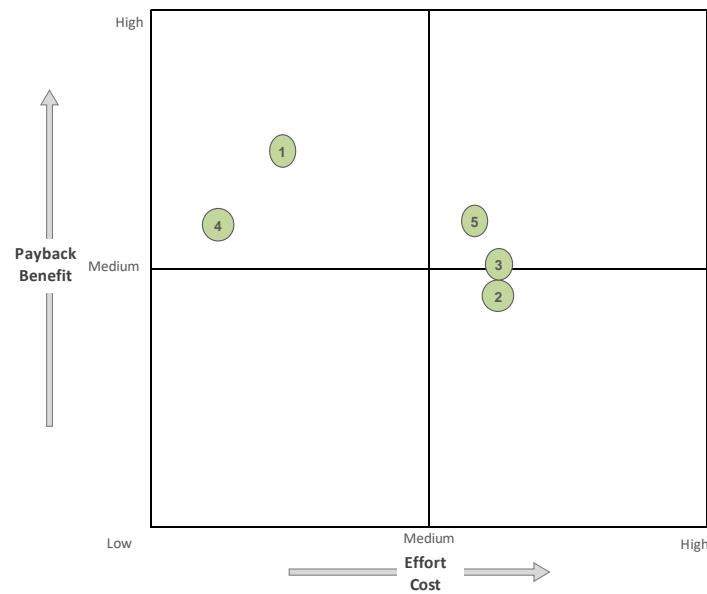


Ilustración 17. Matriz de soluciones causas de fallas del eje cubo.

### Implementation - Action Plan

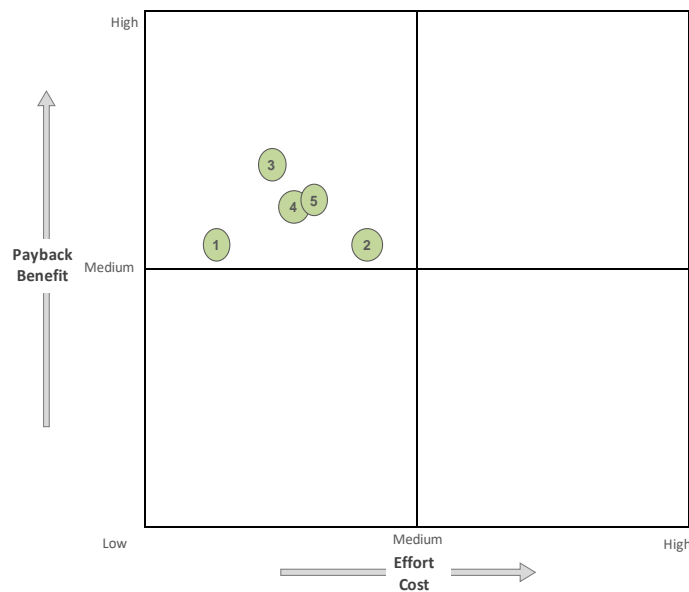
No.	Specific Actions <i>(specific actions to be taken)</i>	Owners <i>(names)</i>	Due Date	Measurable <i>(how will we verify completion and effectiveness)</i>	Status
1	Aplicar soluciones de las causas de fallo en los frenos	Tecnico de mtto			
3	Adquirir repuestos directamente al importador	Gestor de mtto			
4	Fijar siempre con el torquimetro	Tecnico de mtto			
5	Cada 4 meses inspeccionar y cambiar componentes	Gestor de mtto			

Tabla 20. Implementación del plan de acción para evitar fugas de lubricante en las ruedas

### Vehículo reprobado en inspección bimestral

Ref.	Possible Solution	Cause Controlled	Work Process <i>(process to be improved)</i>
1	MTTO CADA DOS MESES	TERMINALES SUELTAS	CADA 60 DÍAS MTTO DE LAS TERMINALES
2	ENGRASAR CADA 20 DÍAS	EMPAQUE DE TERMINAL DESGASTADO	CADA 20 DÍAS REALIZAR ENGRASE Y AJUSTE
3	ESTABLECER MARCAS DISPONIBLES	REPUESTO ADAPTADO	DETERMINAR FABRICANTES HOMOLOGADOS
4	TORQUEAR CADA 20 DÍAS	BUJES REVENTADOS	CADA 20 DÍAS TORQUEAR SOPORTES DE BARRA ESTABILIZADORA
5	ENGRASAR CADA 20 DÍAS	LUBRICACIÓN KING PIN INSUFICIENTE	CADA 20 DÍAS ENGRASAR KING PIN

**Tabla 21.** Posibles soluciones para evitar desalineación



**Ilustración 18.** Matriz de soluciones causas de fallas en el troque.

#### Implementation - Action Plan

No.	Specific Actions <i>(specific actions to be taken)</i>	Owners <i>(names)</i>	Due Date	Measurable <i>(how will we verify completion and effectiveness)</i>	Status
1	MTTO DE LOS COMPONENTES DE DIRECCIÓN	TECNICO DE	CADA 60 DÍAS		
2	REALIZAR ENGRASE Y AJUSTE	TECNICO DE MTTO	CADA 20 DÍAS		
3	DETERMINAR FABRICANTES DEL COMPONENTE ADAPTADO	GESTOR DE MTTO			
4	TORQUEAR ELEMENTOS DE LA BARRA	TECNICO DE MTTO	CADA 20 DÍAS		
5	LUBRICAR ELEMENTOS DE DIRECCIÓN	TECNICO DE MTTO	CADA 20 DÍAS		

**Tabla 22.** Implementación del plan de acción para evitar desalineación.




## Resultados y análisis

A partir del mapeo de las causas fue posible establecer posibles soluciones para controlar las causas de falla en cada uno de los cuatro modos de falla revisados mediante la herramienta Cause Mapping®. Usando la matriz de soluciones fue posible determinar aquellas que de acuerdo a las condiciones actuales de la Empresa permiten una implementación inmediata con un costo beneficio más evidente. De este modo se presenta en la siguiente tabla para cada sistema todas las posibles soluciones para controlar las causas de falla.

<b>Fuerza frenado insuficiente</b>				
No.	Cause controlled	Specific Actions (specific actions to be taken)	Owners (names)	Due Date
1	FALLOS EN EL COMPRESOR Y LA LINEA PRINCIPAL DE AIRE	Mantenimiento periódico del compresor	Técnico de aire comprimido	Cada 30 Mil Km
3	HUMEDAD EN EL SISTEMA DE AIRE	Aumentar la frecuencia de cambio del filtro secador de aire	Técnico Lubricador	Cada 3500 Km
4	ACUMULACIÓN DE AGUA EN LOS TANQUES	Drenar los tanques	Conductor	Todos los días previo al encendido
6	DESGASTE EXCESIVO DE LA BANDA DE FRENO	Inspeccionar periódicamente	CDA	Cada 60 días
9	DESEQUILIBRIO DE LAS FUERZAS DE FRENADO	Inspeccionar periódicamente	CDA	Cada 60 días
<b>Vehículo inclinado o atravesado</b>				
No.	Cause controlled	Specific Actions (specific actions to be taken)	Owners (names)	Due Date
1	FRACTURA DE LAS GRAPAS	ADQUIRIR SOLO REPUESTOS ORIGINALES CON EL REPRESENTANTE DIRECTO	Gestor de mtto	Proximas adquisiciones
2	OBSTACULOS EN LAS CALLES DE LA RUTA. ANDENES, RISAD	TENER RUTAS ESTABLECIDAS Y VEHICULOS DETERMINADOS PARA CADA UNO	Jefe de operaciones	Proximas contrataciones
3	GRIPADO DE LOS ELEMENTOS CON MOVIMIENTO RELATIVO	AUMENTAR FRECUENCIA DEL ENGRASE	Técnico lubricador	Cada 3500 Km
<b>Rueda impregnada de aceite</b>				
No.	Cause controlled	Specific Actions (specific actions to be taken)	Owners (names)	Due Date
1	RUEDA FRENADA	Aplicar las soluciones de las causas de fallo en los frenos	Centro de servicios	Inmediato
3	RODAMIENTOS AFECTADOS	Adquirir repuestos directamente al importador	Gestor de mtto	Proximas adquisiciones
4	AJUSTE EXCESIVO	Fijar siempre con el torquímetero	Centro de servicios	En cada intervención
5	USO EXTENDIDO	Cada 4 meses inspeccionar y cambiar rodamientos	Centro de servicios	Cada 120 días
<b>Inspección bimestral (Cada dos meses) Reprobada</b>				
No.	Cause controlled	Specific Actions (specific actions to be taken)	Owners (names)	Due Date
1	TERMINALES SUELTAS	MTTO DE LOS COMPONENTES DE DIRECCIÓN	Técnico alineador	Cada 60 días
2	EMPAQUE DE TERMINAL DESGASTADO	REALIZAR ENGRASE Y AJUSTE	Técnico alineador	Cada 20 días
3	REPUESTO ADAPTADO	DETERMINAR FABRICANTES DEL COMPONENTE ADAPTADO	Gestor de mtto	Próxima adquisición
4	BUJES REVENTADOS	TORQUEAR ELEMENTOS DE LA BARRA	Técnico alineador	Cada 20 días
5	LUBRICACIÓN KING PIN INSUFICIENTE	LUBRICAR ELEMENTOS DE DIRECCIÓN	Técnico alineador	Cada 20 días

**Tabla 23.** Acciones específicas (verde) con la respectiva causa de falla controlada para los cuatro modos de falla.

Para el análisis de los modos de falla y efectos de falla se utilizó la plantilla RCM FMEA (RCM Failure Modes and Effects Analysis) INFORMATION WORKSHEET® donde se cargó toda la información del modelo RCM planteado. Para cada subsistema se procedió recopilando la información en la plantilla, de este modo:

<b>RCM FMEA INFORMATION WORKSHEET</b>							
	Equipment No.	Equipment Type :	Date Start :	Teamname :	Reviewed by : PM Committee	Rev. No.	Sheet
	LV150	BUS		1/08/2019	MANTENIMIENTO	AREA DE MANTENIMIENTO LAS Buseticas	1
<b>Gearing Towards A Pro-Active Mtce System</b>	Component / Sub Assembly :		Date Complete	Leader :	Approved by :	Date	of
	SISTEMA DE FRENOS		4/02/2020	ING. SEBASTIAN	ING. JUAN CARLOS ORREGO		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Rootcause)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)				
1 FIJAR BANDA DE FRENO	A NÚMERO DE FIJACIONES ES IGUAL O MENOR A 18	1 FUERZA DE FRENADO INSUFICIENTE	- PERSONAL A BORDO EN RIESGO - PERDIDA DE LA CONFIABILIDAD				
2 DETENER RODAMIENTO DE LA CAMPANA DE FRENOS	B EFECTIVIDAD DEL FRENADO INFERIOR AL 50%		- SANCIÓN DEL CONTRATO - SOBRECOSTO POR MTTO CORRECTIVO				
3 DESGASTAR ASBESTO	C PRESIÓN DEL SISTEMA CAE A 100psi Y VUELVE A RESTABLECER		- VEHÍCULO ES REEMPLAZADO				
4 ACCIONAR LAS ZAPATAS	D BANDA DELGADA < 15mm						

**Tabla 24.** RCM Failure Modes and Effects Analysis para el Sistema de frenos.



## Conclusiones

Se aplicó la metodología 'RCM' (Reliability Centered Maintenance: Mantenimiento basado en confiabilidad).

Se establecieron parámetros del RCM como proceso de mantenimiento.

Se determinó las acciones específicas que permiten una mayor agilidad en la ejecución, aumentando la disponibilidad de los equipos.

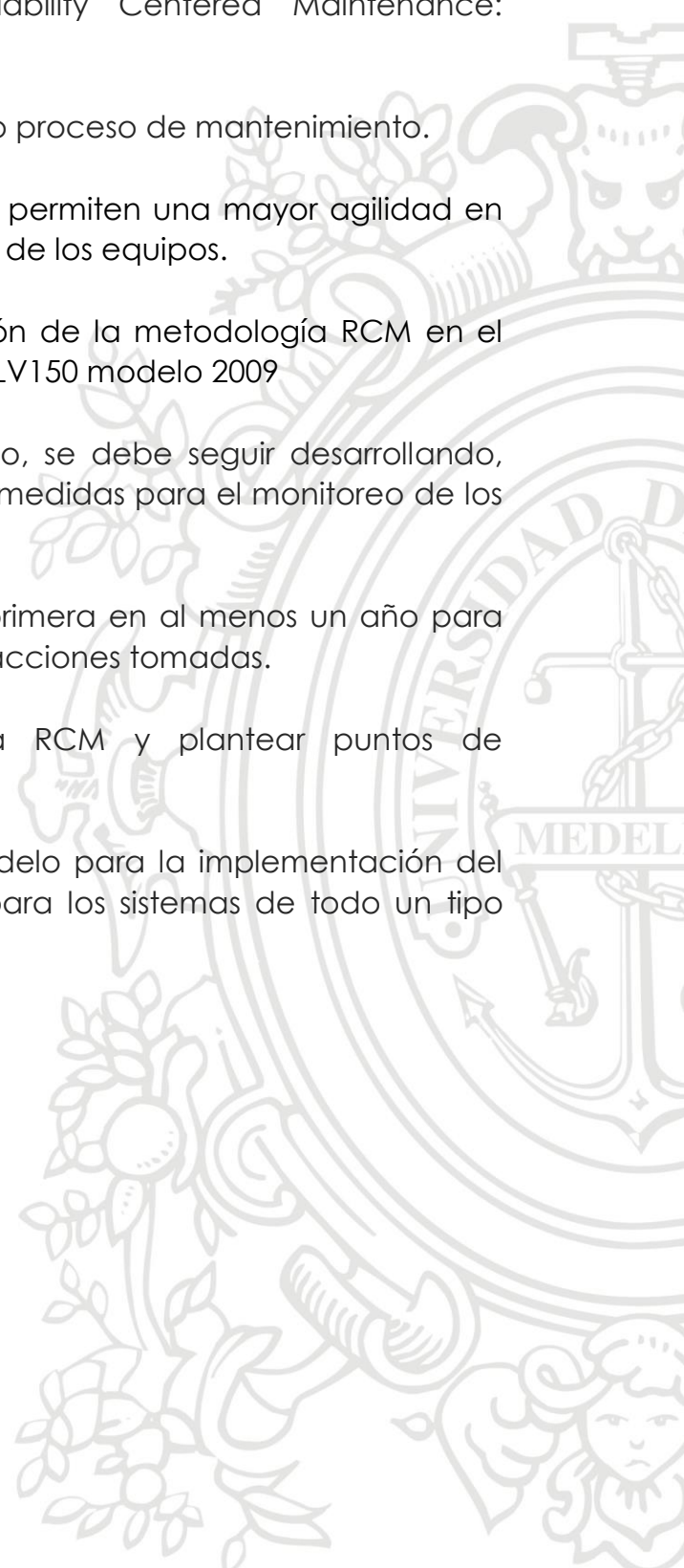
Se creó un modelo para la implementación de la metodología RCM en el sistema de tracción del vehículo Chevrolet LV150 modelo 2009

No es un plan de mantenimiento definitivo, se debe seguir desarrollando, verificando la ejecución y se deben hacer medidas para el monitoreo de los avances.

Se debe realizar un revisión periódica, la primera en al menos un año para verificar avances y posibles mejoras de las acciones tomadas.

Se debe aprender de la metodología RCM y plantear puntos de comparación con otras flotas.

En este trabajo se dejó establecido el modelo para la implementación del mantenimiento basado en confiabilidad para los sistemas de todo un tipo vehículo en una flota.



## Referencias Bibliográficas

2013, R. 3. (2013).

DIEZ ECHEVERRI, H. E. (2015). ADECUACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA MÁQUINA TERMOFIJADORA EN LA SECCIÓN ACABADOS DE LA EMPRESA CRYSTAL SAS PARA ESTABLECER LAS CONDICIONES DE INICIO A UN PROCESO RCM.

ENGINEERS, S. O. (1999). SAE.

ICONTEC. (s.f.). GTC62- SEGURIDAD DE FUNCIONAMIENTO Y CALIDAD DE SERVICIO. MANTENIMIENTO. TERMINOLOGÍA.

ICONTEC. (s.f.). NTC5372.

Inc, S. o. (2002). SAE.

LAS BUSETICAS SAS, T. (2018). LAS BUSETICAS. Obtenido de [lasbuseticas.com](http://lasbuseticas.com)

Imágenes 1-4. [catcar.info](http://catcar.info)

## Anexos

Anexo 1. Mapa de causas frenos.

Anexo 2. Mapa de causas suspensión.

Anexo 3. Mapa de causas Eje cubo.

Anexo 4. Mapa de causas eje principal o troque.

Anexo 5. RCM FMEA

