

**ANÁLISIS DE COSTOS DEL MANTENIMIENTO DE EJES
CARDÁNICOS EN BUSES DEL SITP, BASADO EN PRUEBAS DE
MOVIMIENTO RADIAL Y AXIAL**

FÉLIX ANTONIO BOTERO
ROGER ENRIQUE ESCOBAR

UNIVERSIDAD ECCI
Especialización Gerencia de Mantenimiento
Marzo de 2019.

**ANÁLISIS DE COSTOS DEL MANTENIMIENTO DE EJES
CARDÁNICOS EN BUSES DEL SITP, BASADO EN PRUEBAS DE
MOVIMIENTOS RADIAL Y AXIAL**

**FÉLIX ANTONIO BOTERO
ROGER ENRIQUE ESCOBAR**

Trabajo de grado para obtener el título de:
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

**DIRECTOR DE PROYECTO
Ing. Miguel Ángel Urián Tinoco
Esp. En Gerencia de Mantenimiento**

**UNIVERSIDAD ECCI
Especialización Gerencia de Mantenimiento
Marzo de 2019**

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto a cada uno de los colaboradores del sistema SITP que prestan una labor importante en la movilización de los ciudadanos de Bogotá, a nuestras familias que sin ellas no sería posible haber realizado este proyecto, por su comprensión en esos momentos que tuvimos que dejarlos solos para dedicar tiempo a este proyecto y por último a nuestros compañeros de la especialización.

Agradecimientos

Gracias al Ing. Miguel Ángel Urian Tinoco por su asesoría y acompañamiento en el transcurso de la materia de investigación II y a la compañía Consorcio Express por permitirnos realizar nuestra investigación en su centro de operaciones.

Astract

Este trabajo es un documento de análisis de costos, que pretende servir de herramienta complementaria a las ya existentes, a los gerentes de mantenimiento, coordinadores, supervisores, en la toma de decisiones, resaltando la importancia del peligro latente que existe en las fallas producidas por desgate en los ejes cardánicos de buses del sistema SITP adscritos a la empresa Consorcio Express.

El objetivo del trabajo es lograr un análisis segmentado de los costos generados de la actividad mantenimiento ejes cardánicos y lograr generarle aportes a la actividad y a la organización para la reducción y mejoramiento del proceso como tal y herramientas que logren estabilizar el proceso teniendo en cuenta la confiabilidad y sostenibilidad del sistema y el impacto dentro de la dinámica en conjunto con los demás sistemas del proceso.

1 Contenido

1.	Título de la Investigación.....	11
2	Problema de investigación	12
2.1	Descripción del problema.....	12
2.2	Planteamiento del problema	14
2.3	Sistematización del problema.....	14
3	Objetivos de la Investigación.....	15
3.1	Objetivo general.....	15
3.2	Objetivos específicos.....	15
4	Justificación y delimitación.....	16
4.1	Justificación	16
4.2	Delimitación.....	17
4.3	Limitaciones.....	17
5	Marco conceptual	18
5.1	Estado del arte	18
5.1.1	Estado del Arte Internacional	18
5.1.2	Estado del Arte Nacional	22
5.1.3	Estado del Arte Local	25
5.2	Marco Teórico.....	29
5.2.1	Transmisión de movimiento en un vehículo.....	29
5.2.1.1	Cardan.....	28

	7
5.2.1.2 Juntas Cardánicas.....	29
5.2.1.3 Comparador de Carátulas.....	30
5.2.2 Generalidades del mantenimiento	35
5.2.2.1 Tipos de Mantenimiento.....	34
5.2.2.1.1 Mantenimiento Correctivo.....	37
5.2.2.1.2 Mantenimiento Preventivo.....	42
5.2.2.1.3 Mantenimiento Predictivo.....	46
5.3 Marco normativo/legal	54
5.4 Marco Histórico	55
6 Marco metodológico.....	57
6.1 Recolección de la información	57
6.1.1 Tipo de investigación	58
6.1.2 Fuentes de obtención de la información	59
6.1.3 Herramientas.....	59
6.1.3.1 Análisis de Criticidad.....	58
6.1.3.2 Reporte de fallos.....	58
6.1.4 Metodología.....	61
6.1.5 Información Recopilada	62
6.1.5.1 Entrevistas.....	60
6.1.5.2 Trabajo de Campo.....	61

6.1.5.3 Indicadores de Gestion.....	63
6.2 Análisis de la información.....	66
7 Impactos esperados/generados	70
8 Análisis financiero.....	72
8.1 Retorno de la Inversión Trabajo Ejes Cardánicos.....	72
9 Conclusiones y recomendaciones.....	76
9.1 Conclusiones.....	76
9.1.2 Conclusión general.....	77
9.1.3 Conclusiones específicas	78
10 Bibliografía.....	79

Lista de Tablas

Tabla 1: Ejecución de presupuesto	13
Tabla 2: Comparador de caratula	23
Tabla 3: Criticidad de un equipo	42
Tabla 4: Tipos de Investigación	49
Tabla 5: Costo total	61
Tabla 6: RO.I.....	63

Lista de Figuras

Figura 1: Esquema de transmisión para motor delantero y propulsión trasera	19
Figura 2: Acoplamiento de la caja de cambios al puente trasero (diferencial).....	19
Figura 3: Despiece de una junta cardan	21
Figura 4: Comparador de caratula	22
Figura 5: Partes de un comparador de caratulas.....	22
Figura 6: Esquema para una metodología de mantenimiento basado en el riesgo	33
Figura 7: esquema posible para llevar a cabo un análisis de riesgos	34
Figura 8: Matriz Dafo	43
Figura 9: Diagrama causa-efecto.....	44

Lista de Gráficas

Gráfica 1: Comportamiento indicadores de gestión.....	55
Gráfica 2: Indicadores de Gestión.....	55
Gráfica 3: Nivel de servicio Consorcio Express.....	56
Gráfica 4: Cuadro costos de Mantenimiento Ejes Cardánicos.....	56
Gráfica 5: Efectos Esperados.....	61
Gráfica 6: Costos Grúas.....	63
Gráfica 7: Desincentivos Flota.....	64
Gráfica 8; Ingresos no Percibidos.....	64

Listado de Anexos

Anexos RCA Consorcio Express

Análisis indicador reporte de fallas Consorcio Express

Matriz de Criticidad

Análisis de falla funcional-5 porqués?

Plan de acción Mantenimiento ejes cardánicos

Formato Entrevistas

Tabulación entrevistas

1. Título de la Investigación

Análisis de costos del mantenimiento de ejes cardánicos en buses del SITP, basado en pruebas de movimiento radial y axial

2 Problema de investigación

2.1 Descripción del problema

En el sistema integrado de transporte de la ciudad de Bogotá, SITP se vienen presentando problemas con sintomatología de fallas en los componentes mecánicos de la flota, de lo cual se presume es responsabilidad del proceso de mantenimiento preventivo que se le debe generar a los vehículos, dentro de las fallas más comunes se encuentran pernos de ruedas sueltos, llantas lisas, goteras en el interior de los buses, silletería en mal estado, cabinas sueltas y direcciones y cajas de velocidades con su sistema de tracción en muy mal estado; estas sintomatologías demuestran un muy bajo nivel de calidad en los procesos que deben garantizar el óptimo nivel de servicio para el buen funcionamiento de los equipos. Dentro de la problemática a abordar y que hace parte del desarrollo que se presentará en esta propuesta está el de la disminución de los sobrecostos de la intervención en los sistemas de tracción que contemplan los ejes cardánicos.

Esta propuesta de análisis de costos (tabla 1), estará enfocada en entender cuánto cuesta resolver las fallas en los ejes cardánicos, los gerentes de mantenimiento de los operadores actuales y futuros podrán identificar la importancia de este control, el cual se verá reflejado en la disminución de costos en la operación de mantenimiento apoyándose no solo en herramientas financieras si no también aquellas que ayuden a mejorar el mantenimiento que se realiza.

Tabla 1 Ejecución de presupuesto

PRESUPUESTO				EJECUTADO			POR EJECUTAR		
Suma de Costo	Indicador								
Sistema	Repuestos	Servicios	Total general	REPUESTOS	SERVICIOS	TOTAL	REPUESTOS	SERVICIOS	TOTAL
ADBLUE	48.012.501	4.069.500	52.082.001	531.540	-	531.540	47.480.961	4.069.500	51.550.461
CARROCERIA Y LATONERIA	293.411.169	42.202.525	335.613.693	98.960.846	13.929.040	112.889.886	194.450.323	28.273.484	222.723.807
CONSUMIBLES	114.410.242	26.580.895	140.991.138	36.775.798	8.546.769	45.322.567	77.634.444	18.034.126	95.668.570
DIFERENCIAL	12.599.411	4.963.218	17.562.629	3.716.050	1.654.406	5.370.456	8.883.361	3.308.812	12.192.173
FILTRACIÓN Y LUBRICACION	581.886.578	322.766.595	904.653.173	208.163.907	107.510.265	315.674.172	373.722.671	215.256.330	588.979.001
FRENOS MTTTO MECANICO	487.254.116	263.849.700	751.103.816	146.798.833	87.654.700	234.453.533	340.455.283	176.195.000	516.650.283
MATERIAL LIMPIEZ LEF	6.276.306	5.454	6.281.760	6.806.494	1.818	6.808.312	530.188	3.636	526.552
MNITTO ELECTR/SERVICI	787.149.243	613.672.554	1.400.821.797	250.238.159	200.617.172	450.855.331	536.911.084	413.055.382	949.966.466
MOTOR MTTTO MECANICO	887.635.459	84.024.802	971.660.261	325.306.947	27.740.170	353.047.117	562.328.512	56.284.632	618.613.144
PINTURA E INSUMOS	93.734.225	952.043	94.686.268	39.473.146	317.348	39.790.494	54.261.079	634.695	54.895.774
REPARADOS ELECTRICOS	73.706.679	9.601.701	83.308.380	14.975.771	3.200.567	18.176.338	58.730.908	6.401.134	65.132.042
REPARADOS MECANICA	521.562.286	2.583.712	524.145.998	169.952.744	833.658	170.786.402	351.609.542	1.750.054	353.359.595
RODAJE	76.416.426	27.949.945	104.366.371	17.803.384	9.295.616	27.099.000	58.613.042	18.654.328	77.267.370
SERV SEG RTM+SIRCI	60.242.600	55.627.361	115.869.961	18.440.883	15.870.717	34.311.600	41.801.717	39.756.644	81.558.361
SERV. CARROCERIA Y LATONERIA	-	179.031.946	179.031.946	-	33.252.745	33.252.745	-	145.779.201	145.779.201
SERV. DIFERENCIAL CA	-	7.507.147	7.507.147	-	2.003.429	2.003.429	-	5.503.718	5.503.718
SERV. DIRECCION	-	18.777.422	18.777.422	-	3.130.000	3.130.000	-	15.647.422	15.647.422
SERV. ELECTRONICO	-	6.587.598	6.587.598	-	27.174.976	27.174.976	-	20.587.378	20.587.378
SERV. MOTOR	-	537.030.365	537.030.365	-	69.888.603	69.888.603	-	467.141.762	467.141.762
SERV. RODAMIENTOS	-	3.870.388	3.870.388	-	875.875	875.875	-	2.994.513	2.994.513
SERV. SIRCI	22.410	49.160.950	49.183.359	-	2.010.213	2.010.213	22.410	47.150.737	47.173.146
SERV. SIST NEUMATICO	-	28.304.760	28.304.760	-	14.164.585	14.164.585	-	14.140.175	14.140.175

Fuente: (Consortio Express, 2018)

2.2 Planteamiento del problema

¿Qué Metodologías se pueden considerar para el mejoramiento del proceso de análisis de fallas en ejes cardánicos que contribuyan a la reducción en costos y a lograr la meta planteada en este trabajo?

2.3 Sistematización del problema

- ¿Cuáles son los costos generados por los mantenimientos correctivos realizados al sistema de eje cardánicos en los buses del SITP?
- ¿Qué tipo de herramientas y metodologías se utilizan para apoyar el mantenimiento a los ejes cardánicos y que costos generan?
- ¿Qué tipo de mantenimiento se propone para los ejes cardánicos y cuál será su impacto frente a los costos generados por el mantenimiento correctivo?

3 Objetivos de la Investigación

3.1 Objetivo general

Proponer una herramienta o metodología que soporte la toma de decisiones, evaluando el costo de generar mantenimiento preventivo al sistema ejes cardánicos, bajo las pruebas de movimiento radial y axial.

3.2 Objetivos específicos

- Establecer los costos en las intervenciones mecánicas al sistema de ejes cardánicos.
- Minimizar los tiempos de parada de los equipos por fallas presentadas en el sistema eje cardánicos.
- Definir el tipo de metodología para garantizar el seguimiento de costos del mantenimiento de los ejes cardánicos, buscando minimizarlos hasta en un 8%.

4 Justificación y delimitación

4.1 Justificación

El rápido crecimiento urbano que viene presentando el mundo sobre todo en las grandes ciudades latinoamericanas, plantea la necesidad de crear sistemas de transporte más seguros, menos contaminantes, más eficientes y accesibles a los usuarios; que faciliten al acceso a nuevos empleos y disminuyan el consumo energético que presentan.

Parte de la necesidad nace de buscar garantizar los procesos de mantenimiento en todas las unidades mecánicas de los equipos de transporte público, para garantizar su operatividad y seguridad para el cumplimiento tanto de las normas legales de tránsito como las de seguridad hacia sus usuarios. Es por esto la importancia de hacer análisis de costos en cada uno de los sistemas o procesos a intervenir para garantizar un alto impacto en la ejecución del mantenimiento VS un costo mitigable por parte de las empresas prestadores del servicio, generando un impacto en las herramientas utilizadas y detectar si estas son acordes a la necesidad que se plantea.

Para el proceso a evaluar (mantenimiento en ejes cardánicos), Esta herramienta servirá para poder entender la forma como se puede lograr un mantenimiento eficiente del sistema sin generar un sobre costo en su elaboración, el análisis aquí presentado abarcará como ya se expresó el costo final de generar el respectivo mantenimiento para garantizar su operatividad diaria y no impactar los costos de ejecutarlo.

Este análisis abarca solo hasta el desarrollo del mantenimiento de los ejes cardánicos ya que es el nicho de actuación y es donde se enfoca el análisis de la investigación.

4.2 Delimitación

El presente trabajo se desarrollará en los talleres de la empresa Consorcio Express en la ciudad de Bogotá, específicamente en los talleres del patio ubicado en la Carrera 14 Este # 47f Sur a 47f-70; en la localidad de San Cristóbal Sur.

Este trabajo por su corto tiempo de estudio se realizará en un tiempo de 8 meses abarcando desde el 1 de Abril hasta el 30 de Noviembre.

4.3 Limitaciones

- El factor económico es una limitación ya que en este caso el total de los gastos que se puedan generar en el desarrollo de este trabajo será solventado por los autores del mismo.
- Aquellas que este intrínsecas en la ley 336 de 1996 del ministerio de transporte.

5 Marco conceptual

5.1 Estado del arte

En el presente estado del arte encontramos varios de los estudios y proyectos que se han realizado en algunas universidades internacionales nacionales y locales. Se realizó la búsqueda de fuentes documentales en bases de datos, en diferentes universidades, revistas de universidades, artículos científicos.

5.1.1 Estado del Arte Internacional

Los Ingenieros Oscar Laureano Casanova, Rodolfo Garza de la universidad de Universidad Autónoma de Tamaulipas de México, desarrollaron el trabajo titulado: *Implementación de un sistema de gestión eficiente de flotas de transporte para la sostenibilidad económica en una empresa de transporte*, en el buscaron como poner en funcionamiento sistema de gestión para reducir los costos de operación de Flotas de Transporte en la empresa “Sociedad Cooperativa Trabajadores de Pascual”, haciendo uso de la metodología *basada en la aplicación de una herramienta de gestión para medir el consumo de combustible y los costos de mantenimiento vehicular*. Encontrando que, *la buena actitud ante el cambio juega un papel importante para reducir los costos en cualquier organización que administran flotas de transporte*, (Casanova, Garza Flores, & Ortiz, 2012, pág. 36), De lo anterior se extracta para la presente investigación las actividades que se deben efectuar para que se cumpla el término la “Gestión Eficiente de Flota”

El Ingeniero José Adán Girón Pleitez de la Universidad de San Carlos de Guatemala desarrolló el trabajo titulado: *Propuesta de un plan de mantenimiento para los vehículos repartidores de gas único, s.a. (dagas, s.a.)*. En el busco la meta de implementar el mantenimiento preventivo, enfocada en la industria automotriz en el país de Guatemala, Haciendo uso de la metodología basada en el análisis de cada sistema del vehículo, apoyados en la documentación con información de tiempos por recorrido. Encontrando que *la implementación de un plan de mantenimiento ayuda en la disminución de costos por concepto de reparación de los vehículos, es necesario contar con una programación para los vehículos. La capacitación de los pilotos es necesaria para hacer conciencia de los grandes daños que se le provoca al vehículo al no tornar los cuidados diarios necesarios y a la hora de manejarlos, la cual dará un tiempo de vida más largo a los diferentes componentes de los sistemas del automóvil.* (Girón Pleitez, 2007, pág. 81). De lo anterior se extrae para la presente investigación que la implementación de un plan de mantenimiento ayuda en la disminución de costos por concepto de reparación de los vehículos

Los Ingenieros Jackson Castañeda, Gonzales Karen Sarita de la Universidad de Señor de Sipan de Perú desarrollaron el trabajo titulado: *Plan de mejora para reducir los costos en la gestión de mantenimiento de la empresa transportes Chiclayo s.a. Chiclayo*, en el buscaron elaborar un plan de mejora para reducir los costos en la Gestión de Mantenimiento y plantearla a la empresa, haciendo uso de las metodologías usadas *para recolectar los datos, las cuales fueron observación, encuesta y entrevista, encontrando el análisis de éstas como problemas principales, que no existen políticas bien estructuradas para la gestión, inexistencia de un plan de mantenimiento, falta de compromiso en los trabajadores, y paradas constantes de la flota de*

buses (Castañeda Muñoz & Gonzales Mino, 2016, pág. 98). El resultado fue el éxito en la implementación del mantenimiento logrando la reducción de más del 50% de costos del área de mantenimiento. De lo anterior se extracta para la presente investigación las técnicas de recolección de datos.

El Ingeniero Mendoza de la universidad de Guayaquil de Ecuador desarrolló el trabajo titulado *Evaluación técnica de los procesos de mantenimiento vehicular del grupo Berlín con el fin de levantar un manual de procedimientos y planes preventivos que ayuden a identificar las prioridades de mantenimiento en la flota de vehículos de la empresa*, en este se buscaba elaborar una guía de procedimientos para el departamento de mantenimiento vehicular del Grupo Berlín, con el objetivo de *dar a conocer el grado de participación de los usuarios además de las actividades que deben seguirse en la realización del sostenimiento mecánico y establecer por orden de importancia la ejecución de los mismos, tomando como parámetros de medición los factores de inconformidades y falencias en los procesos de asistencia aplicados en los vehículos de la empresa, para ello fue necesario el diseño de formatos, cuestionarios, encuestas entre otros instrumentos de apoyo para la evaluación y diagnóstico de las fallas percibidas en la división* (Mendoza Banchon, 2015, pág. 57). En la metodología de la investigación se aplicó el método descriptivo, observacional y estadístico. Encontrando que, este análisis fue clave para minimizar los costos, De lo anterior se extracta para la presente investigación el diseño de formatos y cuestionarios.

La ingeniera Martínez Daniela, de la Universidad Católica Andrés Bello de Caracas, desarrollo el trabajo titulado: *evaluación de los costos asociados a la gestión de un plan de mantenimiento preventivo para una flota de ambulancias de un servicio médico prepagado*. En el busco como las Ambulancias por falta de mantenimiento preventivo no permitían programar actividades para ejecutarlas en los vehículos, haciendo uso de la metodología de investigación de tipo proyecto factible que tuvo como objetivo principal la Evaluación de los costos asociados a la gestión del mantenimiento preventivo para la flota de ambulancias de un servicio médico prepagado. Encontrando información referente a los costos requeridos para la implantación del plan y su realización dentro o fuera de la sede. Esta evaluación se hizo bajo los conceptos de Valor Presente Neto en un periodo de evaluación a cinco años, haciendo comparación con el mantenimiento correctivo actualmente realizado. *De esta manera contar con la información que permitirá posteriormente a la Gerencia de Operaciones tomar decisiones inteligentes en cuanto a la implementación o no de la propuesta De acuerdo a la evaluación de ambos proyectos mediante el Valor Presente Neto, se determinó que el proyecto más restable es realizar un Mantenimiento Preventivo Externo, ya que tal proyecto representa un ahorro del 39 % con respecto al mantenimiento correctivo actual.* (Martinez D., 2011, pág. 78). De lo anterior se extracta para la presente investigación la aplicación del valor presente neto.

5.1.2 Estado del Arte Nacional

La Ingeniera Quintana Claudia de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga desarrollo el trabajo titulado: *Planteamiento e implementación de alternativas para el manejo y disposición de los residuos peligrosos generados en los procesos productivos de la industria Transejes S.A.* A escala mundial, durante las dos últimas décadas, ha surgido la preocupación por el deterioro del medio ambiente y la amenaza a la salud pública debido a los problemas que originan los residuos peligrosos con características especiales, producidos en los procesos que se desarrollan al interior de las organizaciones. Por esta razón, *las industrias generadoras de residuos buscaron en el presente trabajo alternativas de producción que minimicen o eliminen los impactos ambientales derivados de su actividad industrial, haciendo uso de metodologías, iniciando con el análisis de las etapas de producción, encontrando así el impacto ambiental acorde con los requerimientos legales actuales.* (Quintana Daza, 2008). De lo anterior se extrae para el presente trabajo conocer cómo se ha llevado hasta el momento la gestión de los residuos especiales sólidos y líquidos, dentro de la empresa Transejes S.A.

Los Ingenieros Beltrán Jhosimar y Orozco Orlando de la Universidad de Autónoma del caribe de Barranquilla, desarrollaron el trabajo titulado: *Propuesta de un plan de mantenimiento para aplicar a la flota de vehículos de la universidad autónoma del caribe.* En el buscaron *diseñar y aplicar un plan de mantenimiento que posee todo el soporte documental necesario para gestionar el proceso de mantenimiento del parque automotor que posee el consorcio MSI, de tal manera que se controlen aspectos fundamentales como la disponibilidad, los repuestos y los costos derivados de las actividades de mantenimiento, tanto proactivas como correctivas.*

Haciendo uso de las metodologías en tres fases: Fase 1: Características del Parque Automotor, fase 2: Contexto Operacional y el Histórico de fallas y Fase 3: Metodología de Mantenimiento (Beltran Coronado & Orozco Vega, 2014, pág. 45). De lo anterior se extrae para el presente trabajo la metodología para elaborar la documentación

Loa Ingenieros Vuelvas Camilo y Martínez Kevin de la Universidad Autónoma del caribe de Barranquilla, desarrollaron el trabajo titulado: *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L*, en el buscaron realizar una propuesta enfocada en el mantenimiento preventivo, para ser desarrollada en la maquinaria pesada de la empresa L & L, haciendo uso de metodologías estratégicas, Encontrando *importancia y como objetivo principal reconocer que el mantenimiento preventivo de este tipo de vehículos permite detectar posibles falencias antes de que ocurran o aumente su grado de dificultad al momento de ser reparados ciertos componentes de los mismos* (Buelvas Diaz & Martinez Figueroa, 2014). De lo anterior se extrae para la presente investigación la importancia de reducir la periodicidad de mantenimientos de carácter correctivo, aumentar la vida útil de los vehículos, disminuir costos de reparaciones, detectar puntos débiles a reparar a través de inspecciones de los diferentes sistemas de los equipos.

El ingeniero Montes Juan de la universidad Tecnológica de Pereira desarrollo el trabajo titulado *Diseño de un plan de mantenimiento para la flota articulada de integra s.a. usando algunas herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)*, en el busco ejecutar el sistema RCM, teniendo ya implementado el mantenimiento preventivo, con el propósito de disminuir las fallas en la operación de la flota, haciendo uso de las metodología soportada en RCM con la meta de disminuir las rutinas del mantenimiento preventivo entre un

40% a un 70%, encontrando que *con la ayuda de algunas herramientas de análisis propuestas en la teoría del RCM se ha logrado diseñar un plan maestro de mantenimiento para la flota articulada del operador de transporte masivo INTEGRA S.A.* (Montes Villada, 2013, pág. 93). De lo anterior se extrae para la presente investigación los obstáculos que se pueden presentar al momento de implementar una metodología de mantenimiento.

El Ingeniero Franco Raúl, de la Universidad Tecnológica de Pereira desarrollo el trabajo titulado *Plan de mantenimiento preventivo para vehículos de movimiento de tierra del municipio de santa rosa de cabal*, en el busco la detección y prevención de las fallas recurrentes en las maquinas, haciendo uso de las metodologías del mantenimiento preventivo, encontrando *Con la implementación del plan de mantenimiento se logra un ahorro económico al municipio, ya que reduce los daños y paras intempestivas a la maquinaria* (Franco Marulanda, 2017, pág. 61) De lo anterior se extrae para la presente investigación la reducción de costos después de implementar el mantenimiento preventivo en las maquinas.

El Ingeniero González Jaime de la Universidad Católica de Bogotá desarrollo el trabajo titulado *Elaboración del programa mantenimiento, para el departamento de emergencias en la empresa SACS CONSULTORES S.A.S* en el busco mejorar la atención y disminuir las emergencias en los vehículos, haciendo uso de la metodología basada en el mantenimiento preventivo, encontrando que *el departamento de mantenimiento de una compañía en crecimiento como lo es Sacs consultores s.a.s, tiene un impacto significativo en los procesos de atención de emergencias, tanto de manera positiva como negativa, desafortunadamente este departamento no es creado*

como independiente consta del proceso de emergencias lo cual dificulta que haya un buen proceso, debido a esta falta no se les mide el grado de beneficio que ellos con su trabajo le aportan a la eficiencia de la operación de atención de emergencias (Gonzales Rodriguez, 2014, pág. 55). De lo anterior se extrae para la presente investigación la importancia de evaluar previamente si es posible implementar una metodología de mantenimiento en una empresa determinada.

5.1.3 Estado del Arte Local

Los ingenieros Betancourt Jairo y Palacios William de la Universidad ECCI de Bogotá, desarrollaron el trabajo titulado *Análisis de fallas por recalentamiento en automotores de CONSORCIO EXPRESS S.A.S Basado en (RCM)*, en el buscaron aumentar la disponibilidad de la flota, la cual está por debajo de la meta de 95% debido a fallas producidas en diferentes sistemas del vehículo, afectando principalmente las producidas en el sistema de refrigeración con un 33%. Por medio de la metodología RCM II (Mantenimiento centrado en fiabilidad/confiabilidad), encontrando que esta metodología es la más adecuada para el presente problema, basados en los análisis de los diferentes métodos de mantenimiento, proyectando un aumento de la confiabilidad del 2%, *Se determina implementar una mantenimiento bajo la metodología de RCM II (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad), siendo una manera práctica de generar un plan de mantenimiento que no solo se limita a las recomendaciones del fabricante, sino en buscar la causa de la falla y las consecuencias que pueden generar esa falla* (Betancourt & Palacios , 2018, pág. 45). De lo anterior se extrae para la

presente investigación el análisis realizado para seleccionar la metodología de mantenimiento más adecuada para solucionar el problema planteado.

Los ingenieros Cárdenas Jorge, Bastidas German, Cardozo Hugo, Benítez José de la Universidad ECCI de Bogotá, desarrollaron el trabajo titulado: *Cálculo del TPEF (tiempo promedio entre fallas) para una flota de vehículos de transporte masivo*, en el buscaron aumentar la confiabilidad, reduciendo la cantidad de mantenimientos correctivos en la vía, por medio de la metodología del mantenimiento correctivo basado en el análisis del indicador TPEF (Tiempo medio entre fallas) con análisis estadísticos, encontrando baja la disponibilidad vehicular, *gracias a los resultados arrojados por medio del análisis estadístico se propusieron estrategias que implementadas de forma adecuada aumentarían la confiabilidad de la flota de buses* (Cardenas , Bastidas , Cardozo, & Benitez, 2016). De lo anterior se extrae para la presente investigación el análisis realizado por medio del indicador TPEF para determinar en qué estado se encuentra la disponibilidad de la flota de vehículos.

El Ingeniero Rodríguez Jorge, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá, desarrollaron el trabajo titulado: *Elaboración de una propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad para la flota de vehículos de la empresa TRANZIT S.A.S perteneciente al SITP*, en el busco reducir el número de fallas, las cuales controlaban con un mantenimiento preventivo basado en las recomendaciones del fabricante. Se realiza una propuesta basada en la metodología RCM (Mantenimiento basado en confiabilidad), *Basado en el análisis de la fallas se estructuró la propuesta de mantenimiento basado en RCM en la flota de móviles de la*

compañía, obteniendo tareas rutinarias específicas para los sistemas de análisis para disminuir el impacto del tipo de operación que maneja el SITP en la ciudad de Bogotá D.C. (Rodríguez, 2018, pág. 56), De lo anterior se extrae para la presente investigación el análisis realizado por medio de la metodología RCM para proponer las acciones a desarrollar en la compañía TRANZIT S.A.S.

Los Ingenieros Estupiñán Wilmer y Torres Gelman, de la Universidad ECCI de Bogotá, desarrollaron el trabajo titulado: *Propuesta para la creación de un árbol de equipos de la flota vehicular de un concesionario perteneciente al sistema integrado de transporte público de Bogotá.* En él se buscó realizar una propuesta de mantenimiento enfocada en el funcionamiento de los sistemas y subsistemas de cada equipo, teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante, para realizar los planes de mantenimiento para cada equipo, basado en la metodología de elaborar de un árbol de equipos. *Gracias al Árbol de equipos, se logra desglosar cada clase de equipo, en sistemas y subsistemas, se amplía la óptica de forma más técnica y desarrolla planes de Mantenimiento direccionados a llevar el monitoreo de la condición de las partes o ítem reparables* (Estupiñán & Torres, 2015, pág. 61). De lo anterior se extrae para la presente investigación, la aplicación del árbol de equipos para desarrollar planes de mantenimiento enfocados en un sistema o subsistema específicos.

Los ingenieros Jhon Fredy Cruz Garzón (Ing. Electrónico), y Diego Andrés Talero Orjuela (Ing. Mecánico) de la ECCI, hacen un planteamiento de la metodología de las 5's en su trabajo *“Propuesta de Implementación de la metodología 5's para la ejecución de tareas de*

Mantenimiento en un taller Automotriz” (Cruz Garzon & Talero Orjuela, pág. 74) ; la cual se basa en 5 etapas de ejecución que buscan garantizar la optimización no solo de los espacios dentro de la organización, si no también apuntarle a la calidad total dentro de los procesos internos.

Esta herramienta japonesa basada en cinco palabras pone en contexto el generar confiabilidad asumiendo que orden y limpieza pueden conllevar a generar ambientes de trabajo seguro y mejor clima dentro de las organizaciones.

Como referencia para el trabajo en curso aporta conocimiento de cómo se debería impactar los talleres de la empresa Consorcio Express para apuntarle a una optimización de espacios de mantenimiento, a una mejor manera de impactar la labor en el taller donde se realiza el mantenimiento a los ejes cardánicos.

Los ingenieros Wilson Rincón Barbosa y Luis Hernando Sánchez Urrego de la ECCI, plantean en su trabajo *“Análisis de Causa Raíz (RCA) para Optimizar la Confiabilidad de los Activos Informáticos de la Previsora S.A. Compañía de Seguros”*, la metodología de RCA basado en confiabilidad aplicada a los equipos informáticos dentro de la compañía de seguros la Previsora, (Rincon Barbosa & Sanchez Urrego, pág. 63) en este trabajo se toma como referencia la fiabilidad que presenta la metodología y su enfoque al análisis de la criticidad y del impacto que genera.

La metodología del RCA busca eliminar las causas factibles y potenciales de fallos en los equipos, utilizando herramientas sencillas y de fácil uso como pueden ser un árbol de causa raíz, una espina de pescado o un 5W+1H.

5.2 Marco Teórico

Para dar soporte teórico a la investigación a continuación se expondrán los temas: transmisión de movimiento de un vehículo, generalidades de mantenimiento.

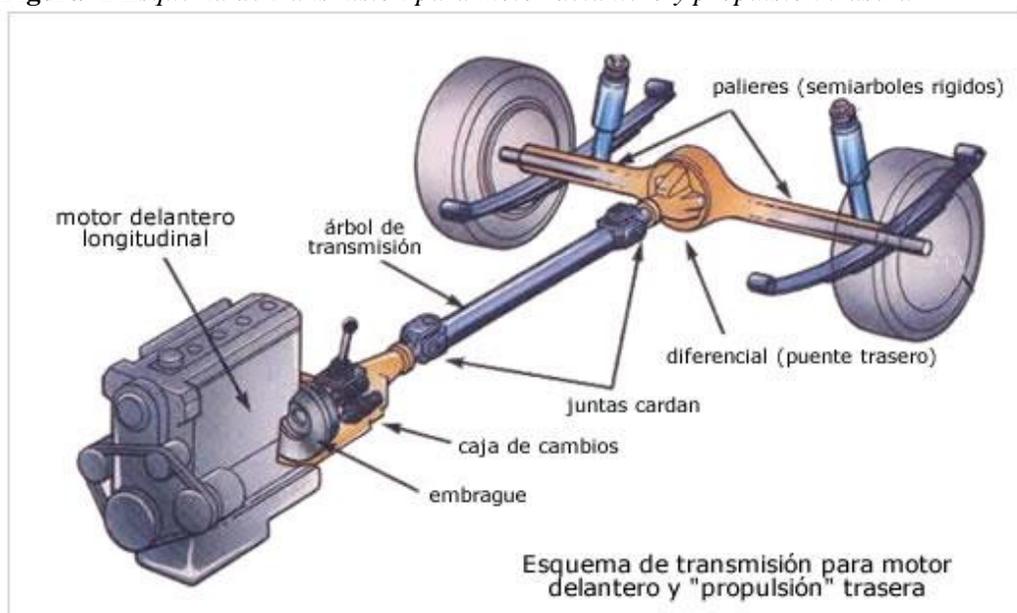
Desde los costos que se evaluarán dentro del trabajo se tendrán en cuenta los rubros que más impacto están generando y que encarecen el mantenimiento al sistema de ejes cardánicos pues van implícitos dentro del costo total; estos rubros hacen parte del gasto generado en movilización de grúas, inoperatividad de unidades (buses), incumplimiento en las rutas, materiales; al final del balance hecho en el trabajo será minimizar los impactos con las herramientas planteadas sobre estas variables.

5.2.1 Transmisión de movimiento en un vehículo

Los elementos del mecanismo de transmisión del movimiento dependen de la ubicación del vehículo y de las ruedas motrices y están sometidos a esfuerzos de torsión; por lo anterior el diseño debe garantizar que soporten dichos esfuerzos sin deformación y lograr transmisión de potencia a las ruedas (Figura 1).

Las ruedas son instaladas en un sistema elástico de suspensión, por lo cual se mueven de su posición original por las irregularidades del terreno. Lo cual influye para que el sistema entre la caja de cambios y las ruedas no sea rígido, para que se adapte a esas deformaciones

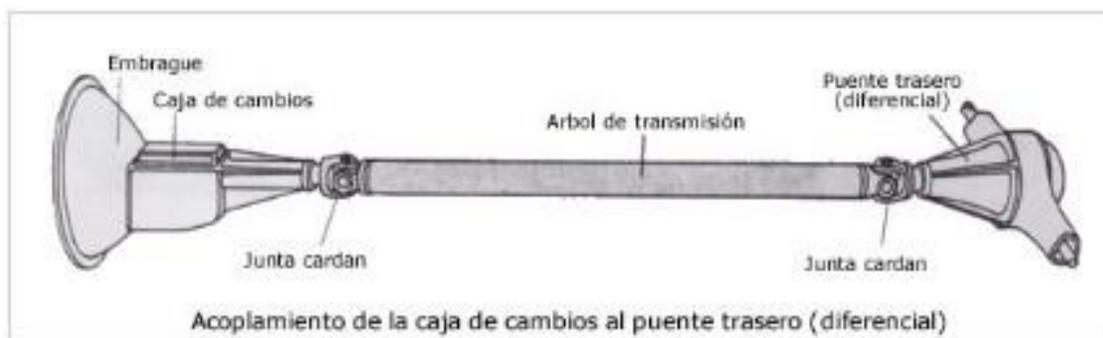
Figura 1 Esquema de transmisión para motor delantero y propulsión trasera



Fuente: (<http://www.aficionadosalamecanica.net/transmisiones.htm>)

El árbol de transmisión es afectado por esfuerzos de torsión y oscilación alrededor de su centro fijo de rotación. Razón por la cual son afectadas las longitudes de las uniones, produciendo movimiento axial del árbol de transmisión (Figura 2).

Figura 2 Acoplamiento de la caja de cambios al puente trasero (diferencial)



Fuente: (<http://www.aficionadosalamecanica.net/transmisiones.htm>)

5.2.1.1 Cardán

La función básica de un cardán es la transmisión de un torque de un punto a otro, en acción suave y continua, utilizada en automóviles, camiones y equipos industriales.

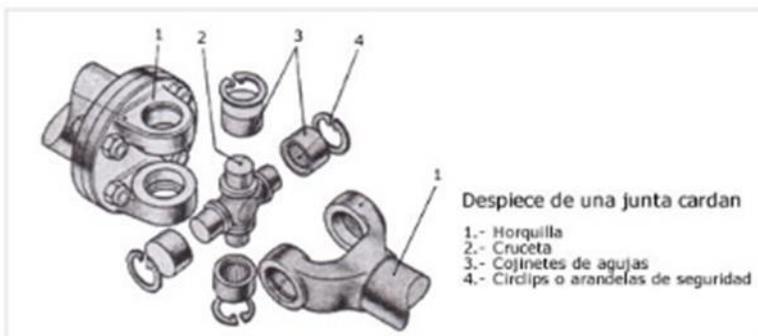
El cardán opera cambiando constantemente los ángulos relativos entre la caja y el eje; este debe ser capaz de variar su longitud mientras esté transmitiendo el torque.

Así, se observa que un cardán (Figura 3), debe tener la capacidad de expandirse, contraerse y cambiar los ángulos de operación cuando va sobre montículos o depresiones. Esto se logra con yugos fijos que permiten al cardán operar a diferentes ángulos y yugos deslizantes los cuales permiten el acortamiento y alargamiento durante el uso.

5.2.1.2 Juntas Cardánicas

Las juntas cardánicas son mecanismos simples y robustos. Están constituidas por dos piezas en forma de horquilla conectadas entre sí por medio de otra pieza en forma de cruz (la *cruceta*). Los cuatro extremos de la cruceta están montados sobre cojinetes ensamblados a presión en las horquillas y asegurados con bridas (Figura 4). El movimiento del eje conductor se transmite a través de la cruceta al eje conducido, permitiendo diferencias angulares de hasta 25 grados.

Figura 3 Despiece de una junta cardan



Fuente: (cardan-despiece-<http://www.aficionadosalamecanica.net/transmisiones.htm>)

5.2.1.3 Comparador de carátula

Este instrumento de medición preciso busca garantizar un control más asertivo del error de la forma de una pieza o juego de piezas (en el caso de este trabajo el sistema de ejes cardánicos), para lograr la mayor confiabilidad al momento de ser analizado o generarle un tipo de mantenimiento sin importar el tipo que se realice.

Al ser un instrumento de comparación y precisión, es necesario que durante su uso este cuidadosamente sujete a una base de referencia fija, en el mercado se utilizan bases propias proporcionadas por los proveedores de este tipo de equipos, de lo contrario se puede elaborar una dentro del taller que sea fija y perfectamente uniforme.

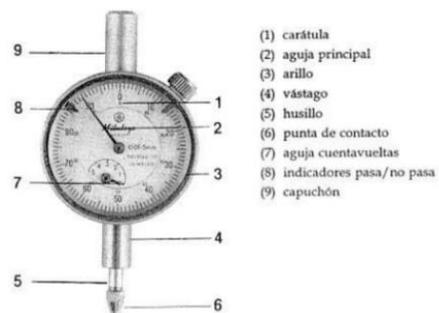
Figura 4 Comparador de caratula



Fuente: (consorcioexpress)

Figura 5 Partes de un comparador de carátulas

PARTES DE UN COMPARADOR DE CARATULA



Fuente: (consorcioexpress)

Según la forma de lectura, los comparadores de caratula se clasifican en análogos o digitales (la mayoría son análogos)

Para los trabajos dentro del taller de Consorcio Express se solicitó un comparador tipo análogo para generar los estudios pertinentes y conocer la viabilidad referente a la necesidad de la tecnología que se suministrara.

Los rangos de medición que pueden entregar estos equipos están muy definidos de acuerdo a la tarea que realizaran, en el caso de los ejes cardánicos la siguiente tabla muestra las posiciones y los rangos de edición según la holgura que las fichas técnicas ofrecen.

Tabla 2 Comparador de carátula

AGD	Rango del diámetro (in)	Rango del diámetro (mm)
0	1-1 3/8	25-35
1	1 3/8-2	35-50
2	2-2 3/8	50-60
3	2 3/8-3	60-75
4	3-3 3/4	76-95

Fuente: (<https://www.transpower.com.co/linea-de-cardanes/>)

La tabla 2 muestra los rangos de tolerancia entre los juntas cardánicas y los ejes cardánicos que se deben tener en cuenta dependiendo el tipo de sistema.

5.2.2 Generalidades del mantenimiento

5.2.2.1 Tipos de mantenimiento

5.2.2.1.1 Mantenimiento correctivo

Desde el conocimiento propio de la teoría de qué es Mantenimiento Correctivo, se entiende como la corrección de las anomalías o fallas que conllevan al paro de un equipo.

En este tipo de mantenimiento se deja llegar a falla el equipo, posteriormente se realiza la reparación por parte del departamento de mantenimiento, con previo aviso del operador de la máquina.

Reparar la falla de máquina en el momento en que se necesita estar produciendo es la principal desventaja del mantenimiento. Si añadimos que el personal encargado del uso de los equipos no es experto en averías, pasará por alto ruidos y anomalías que pueden preceder al fallo. Llevar el equipo al límite de su funcionamiento puede agravar el fallo inicial o degenerar en otros de mayor importancia. La rapidez con la que se debe actuar para poner el equipo en funcionamiento pasará a un segundo plano con el análisis de la causa de la avería. Dado que la avería puede producirse en cualquier instante, se puede encontrar con que no existe personal disponible para afrontar la reparación en ese momento, y el tiempo de no disponibilidad del equipo aumentará. Caso contrario, mantener personal para afrontar las necesidades imprevistas, genera un aumento considerable en los gastos directos de mantenimiento. Encontrar el punto óptimo del número mantenimiento no es fácil, dado que nos difíciles de predecir: la frecuencia

de éstas. Otra el personal los equipos se obtiene desventaja encargado a la hora en el seguimiento importante de las de reparar, de personas del encontramos ante entre averías y el equipo de dos variables importancia este tipo de mantenimiento reparaciones sólo tiene perdiendo toda la las máquinas durante es que contacto con información que su funcionamiento. Si éste es el único tipo de mantenimiento que realizamos, estaremos obligados a tener una plantilla numerosa con especialistas de cada oficio y un almacén de recambios lo más completo posible. Desde el punto de vista económico, estos dos requisitos aumentan los gastos directos de mantenimiento, así como los financieros. Si, además, los equipos se utilizan hasta el límite de sus posibilidades, las reparaciones serán más costosas y de mayor duración. Aunque los inconvenientes del mantenimiento correctivo son mayores que sus ventajas, es imposible prescindir de él. “Siempre habrá averías que se escapen a cualquier predicción y que sea necesario reparar inmediatamente”. (Navarro Elola, Pastor Tejedor, & Mogaburu Lacabrera, 1997, pág. 347)

5.1.1.1.2 Mantenimiento preventivo

El objetivo del mantenimiento preventivo es tener actualizados los datos de cada sistema de la máquina, para poder programar las actividades del siguiente mantenimiento.

Las ventajas vs otros sistemas de mantenimiento son: Minimizar la frecuencia de los paros para mantenimiento correctivo, realizando varias actividades dentro del mantenimiento preventivo. Programar la fecha para realizar el mantenimiento en común acuerdo con el departamento de producción. Alistar los insumos y repuestos con anticipación para realizar las actividades programadas. Organizar las realizaciones de las actividades para optimizar el tiempo asignado. La implementación del mantenimiento preventivo requiere unas actividades rutinarias

de inspección por equipo. Las técnicas más usadas en el mantenimiento preventivo son: Rutinas de inspección, termografías, rutinas de lubricación, medir vibraciones, controlar las fisuras, etc.

Las diferentes maneras de llevar a cabo el mantenimiento preventivo pueden ser mediante el mantenimiento de uso, el hard time o bien el predictivo. (Navarro Elola, Pastor Tejedor, & Mogaburu Lacabrera, 1997).

Pasos de mantenimiento preventivo:

- Seleccionar los equipos en los que se realizara mantenimiento preventivo
- Valorar el grado del deterioro del equipo
- Estudio técnico de las máquinas: Procedencia, capacidad, potencia, consumo, energía y riesgo.
- Formación del archivo técnico
- Codificación de las máquinas
- Determinar los parámetros de funcionamiento manual
- Determinar los objetivos específicos del PMP
- Dividir las máquinas en partes
- Dividir las máquinas en subpartes
- Elaboración del plan de mantenimiento preventivo
- Determinar los repuestos requeridos para ejecutar cada tarea
- Calcular la disponibilidad para el mantenimiento preventivo

- Elaborar el Gantt Anual
- Organizar la ejecución de las inspecciones
- Definir las estrategias de motivación
- Calcular el costo total del PMP
- Inicio del plan de mantenimiento preventivo
- Evaluar el PMP
- Actualizar periódicamente el PMP (Urian, M.A. 2018)

5.2.2.1.3 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo consiste en el conocimiento permanente del estado y operatividad de los equipos, mediante la medición de determinadas variables. El estudio de los cambios en estas variables determina la actuación o no del mantenimiento correctivo (Navarro Elola, Pastor Tejedor, & Mogaburu Lacabrera, 1997, pág. 297). Las ventajas son el poder obtener la información en forma inmediata. Podemos conocer el funcionamiento de la máquina con la perspectiva del departamento de producción y el estado actual de los componentes del equipo.

Metodologías de mantenimiento

-TPM:

Es una metodología basada en confiabilidad y enfocada en la productividad dentro de las organizaciones, su estrategia se simplifica en los ceros:

Cero accidentes, cero averías inesperadas, cero defectos de Calidad

Son objetivos del TPM:

1. Eficiencia de la productividad dentro de las organizaciones respondiendo al entorno de la globalización comercial que se afronta hoy en día.
2. Disminuir el costo del ciclo de vida del sistema de producción, generando valor agregado a los procesos individuales para garantizar su ejecución.
3. Compromiso por parte de todas las dependencias o departamentos para el logro de los resultados propuestos.
4. Participación de todas las personas de la organización en búsqueda del cambio que representa la metodología.
5. Lograr la pérdida cero en los procesos de manufactura.
6. Mejoramiento de la calidad del personal relacionada en todos los procesos.
7. Mejorar la calidad de los equipos, buscando su mayor eficiencia y mayor ciclo de vida.
8. Mejorar los resultados de la organización en todas sus dependencias.

El TPM se basa en ocho pilares:

- 1 – Kaisen (Mejora Continua): este pilar se enfoca en la disminución de los desperdicios y las pérdidas generadas en los procesos productivos.
- 2 – Pilar de Mantenimiento Autónomo: la finalidad de este pilar es que el operador realice actividades básicas de mantenimiento y tome decisiones de conservación de su máquina en conjunto con el departamento de mantenimiento.
- 3 – Mantenimiento Planeado: este pilar se enfoca en reducir el costo de mantener, reducción de la espera de trabajos, mejorar la eficacia de las operaciones de mantenimiento, incremento del MTBF, eliminar radicalmente las fallas.

Este pilar tiene seis pasos, sin embargo para para su realización tiene dos prerequisites que se deben cumplir:

Hacer predecible el MTBF (tiempo total de funcionamiento)

Incrementar el MTBF (tiempo total de funcionamiento)

4 – pilar de Capacitación y Entrenamiento

Este pilar busca mejorar las destrezas y habilidades de los empleados con los métodos TPM

5 – Pilar de Gestión de Calidad

Este pilar está destinado a definir condiciones de equipo que generen defectos de calidad,

Su aplicación se fundamenta en el desarrollo de herramientas utilizadas en los pilares anteriores.

6 – Pilar de Gestión Temprana

Este pilar se encuentra enmarcado en la utilización de la metodología del ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar).

7 – TPM en Áreas Administrativas

Este pilar busca eliminar los desperdicios administrativos o pérdidas por eficiencias administrativas.

8 – Pilar de seguridad, salud y Medio Ambiente

A nivel productivo este pilar se debe desarrollar paralelo con el pilar de mantenimiento autónomo, pues sus etapas son compatibles en todos los procesos.

-RCM o Reliability Centred Maintenance (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad):

Esta técnica esta soportada en el análisis de las posibles fallas que se pueden presentar en un equipo, sus efectos y lo cómo prevenirlos.

Las actividades preventivas del RCM:

- Labores mantenimiento.
- Procedimientos de operación.
- Probables reformas.
- Determinar actividades formativas.
- Establecer las existencias de repuesto.

El RCM está soportado en el estudio de las fallas: *Durante el proceso de análisis debe contestarse a seis preguntas claves para cada sistema que compone la planta: 1. ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento en cada sistema? 2. ¿Cómo falla cada equipo y cada sistema en su conjunto? 3. ¿Cuál es la causa de cada fallo? 4. ¿Qué consecuencias tiene*

cada fallo? 5. ¿Cómo puede evitarse cada fallo? 6. ¿Qué debe hacerse si no es posible evitar un fallo? (Garcia Garrido, 2010, pág. 144)

-PMO:

A través de esta metodología se revisa las necesidades de los Mantenimientos preventivo, predictivos, etc., soportado en el estudio de información recopilada a través del tiempo.

Analiza la Confiabilidad para:

Diseñar las políticas de mantenimiento para utilizar en el futuro

Determinar las frecuencias óptimas del mantenimiento preventivo

Optimizar el uso de los recursos físicos y el talento humano

Calcular intervalos óptimos de sustitución económica de equipos

Minimizar los costos del departamento

Utiliza entre otras las siguientes fuentes de información:

Recomendaciones del fabricante

Experiencia de la compañía a través de su historia en el Sistema Computarizado de Gerencia de Mantenimiento (CMMS).

Mantenimientos Preventivos Genéricos desarrollados por organizaciones como IEEE, ISA, ASME, NFPA, etc.

Bases de datos externas (OREDA, ORAB)

Procedimientos considerados en la revisión:

Inspecciones

Ajustes

Pruebas

Calibraciones

Reconstrucciones

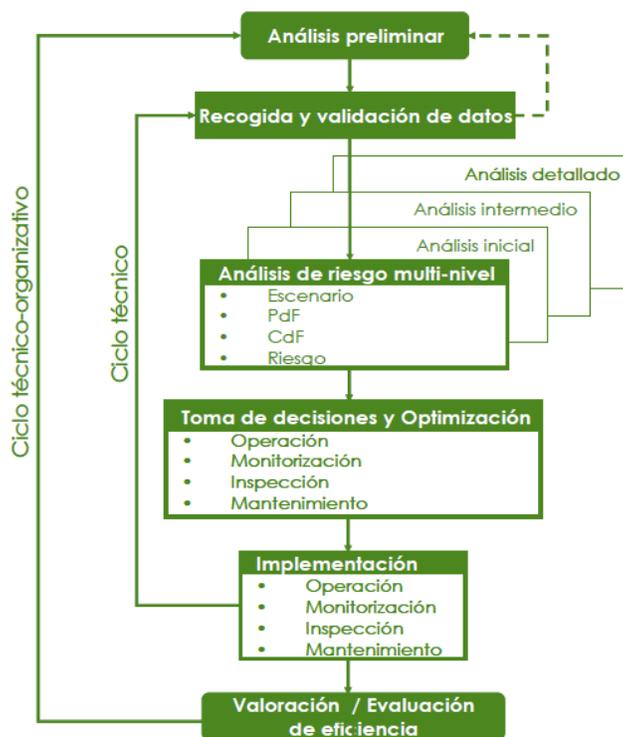
Reemplazos

Plan de largo Plazo (Tavares, 2000)

-RBM:

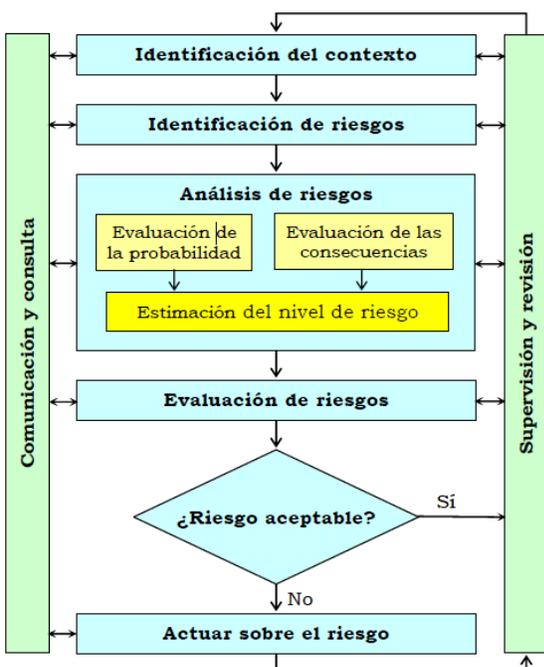
Método soportado en el riesgo en una planta: para la implementación de este método es necesario conocer y tener bien especificado las jerarquizaciones de la planta para así facilitar la identificación de las funciones, mecanismos de degradación y de fallas. (Garcia Gonzales & Quijano, 2004, pág. 28)

Figura 6 Metodología de mantenimiento basado en el riesgo



Fuente: (Gonzales Javier, 2004, pág. 115)

Figura 7 Esquema posible para llevar a cabo un análisis de riesgos



Fuente: (Gonzales Javier, 2004)

Indicadores de gestión de mantenimiento:

Los indicadores más usados son:

-Disponibilidad:

La disponibilidad es el porcentaje del tiempo en el cual la instalación o equipo están disponibles con un adecuado funcionamiento, para realizar una determinada actividad.

Ecuación 5-1 Disponibilidad del activo, Autores

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \times 100$$

-Mantenibilidad:

La mantenibilidad es la rapidez con la que una falla puede ser reparada para poner el equipo o instalación en condiciones óptimas de funcionamiento

La mantenibilidad se puede analizar con el tiempo medio de reparación, el cual es igual a la sumatoria de los tiempos de mantenimiento correctivo en un número determinados de equipos dividido en el número total de fallas en los mismos equipos.

Ecuación 5-2 Tiempo medio para reparar, Autores

$$TMPR = \frac{\sum HTMC}{NTMC}$$

-Confiabilidad:

Es la probabilidad de que un equipo o instalación no falle en un determinado tiempo. La confiabilidad la podemos analizar con el tiempo medio entre fallas que es igual producto del número de equipos por sus tiempos de funcionamiento dividido en el número total de fallas en esos equipos durante un tiempo determinado.

Ecuación 5-3 Tiempo medio entre fallas Autores

$$TMEF = \frac{NOIT.HROP}{\sum NTMC}$$

-Costo

Costo de Mantenimiento por Facturación: Es igual al costo total de mantenimiento dividido entre la facturación de la empresa en un tiempo determinado.

Ecuación 5-4 Costo de mantenimiento por facturación, Autores

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} \times 100$$

Costo de Mantenimiento por el Valor de Reposición: Es igual al costo total de mantenimiento en un maquina especifico dividido entre el costo por la compra de la máquina nueva

Ecuación 5-5 Costo de mantenimiento por valor de reposición

$$CMRP = \frac{\sum CTMN}{VLRP} \times 100$$

-Costo ciclo de vida:

Tendremos un Ingreso de Ciclo de Vida (ICV), que será la sumatoria de todos los ingresos generados por el uso del activo a lo largo de su ciclo de vida, también el Costo de Ciclo de Vida (CCV) ya mencionado, y la diferencia de ambos será el Beneficio de Ciclo de Vida (BCV), que es lo que tendremos que maximizar para optimizar nuestro negocio. (González-Quijano, D. J

. G. 2004)

Ecuación 5-6 Costo ciclo de vida, Autores

$$BCV = ICV - CCV$$

-OEE:

Efectividad operacional del equipo permite comparación (benchmark) con otras plantas o industrias dentro o no de su tipo.

El OEE es el producto en porcentaje de todas estas pérdidas que están impactando la producción. (González-Quijano, D. J. G. 2004)

El OEE es igual a:

$$OEE = Disponibilidad \times Eficiencia \times Calidad$$

$$Disponibilidad = \text{Tiempo disponible}$$

$$Eficiencia = \text{Desempeño real vs capacidad de diseño (de la planta sistema o equipo)}$$

$$Calidad = \text{Relación de producto de buena calidad}$$

Métodos de análisis de mantenimiento

- Análisis de Causa raíz:

Entre otros métodos, el de "prueba y error" se encamina a la falla más y no tiene en consideración las otras opciones de falla, por lo que es poco eficiente. *La experiencia ha demostrado que esta forma de hacerlo es cara e inefectiva.* (Silva, P. 2009)

- AMEF:

Análisis de modo y efecto de fallas potenciales (AMEF)

Es un sistema de análisis usado para encontrar y eliminar fallas de manera ordenada.

Los objetivos principales son:

Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.

Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema

Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial

Analizar la confiabilidad del sistema

Documentar el proceso (Alonso Rosales, 2009)

- Criticidad:

Dentro del marco conceptual del mantenimiento la criticidad se basa en entender que, cuáles y cuando un equipo, proceso debe ser intervenido o priorizado.

La criticidad dentro de los procesos productivos se basa en priorizar los sistemas, los equipos generando una estructura que facilite la toma de decisiones para garantizar el correcto funcionamiento de los procesos productivos apoyado en herramientas fáciles de interpretar.

A continuación veremos unos niveles de criticidad manejados en mantenimiento:

A) *Equipos críticos*. Aquellos cuyo mal funcionamiento y parada le generan a la organización pérdidas considerables de factor tanto económico como de materia prima.

B) *Equipos importantes*. Son aquellas que hacen que los procesos se retrasen pero su valor económico no están significativo como el primero.

C) *Equipos prescindibles*. Son aquellos que su parada no generan tantos perjuicios a las organizaciones y que son manejables desde el punto económico.

En la tabla 3 se muestra una valoración de criticidad para un equipo:

Tabla 3 *Criticidad de un equipo*

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

Fuente: (Santiago García Garrido, 2004)

- Matriz Dafo:

Es una herramienta de la Mercadotecnia que permite evaluar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de un Producto o Servicio para lograr ser más competitivo. (Figura 9).

El análisis de la matriz Dafo, se realiza bajo los criterios de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (Cala Rizo, Díaz Ferrer, & Recasens Linares, 2009)

Figura 8 Matriz Dafo

Fuente (MIni plan estratégico, 2018)

- Ishikawa:

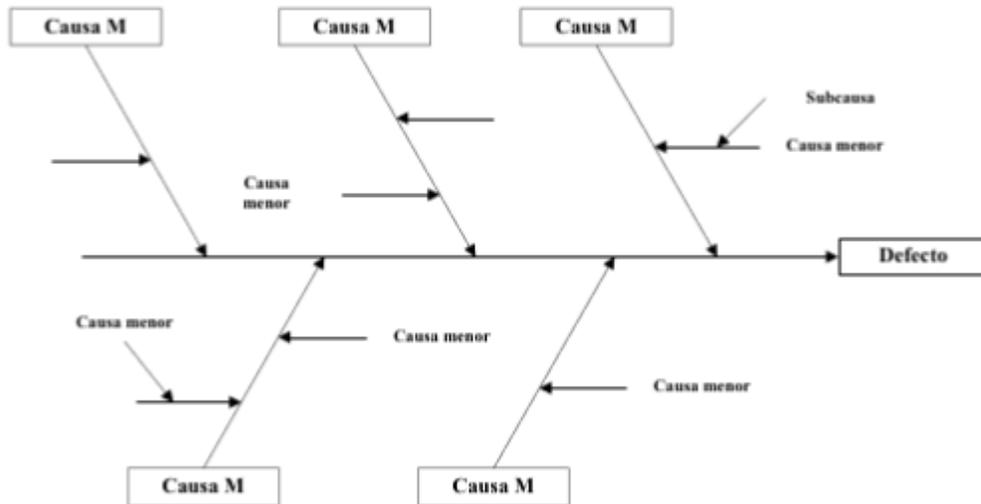
El diagrama de causa-efecto, permite ordenar las hipótesis de una determinada falla, el procedimiento para hacer el diagrama es el siguiente:

Ponerse de acuerdo en la definición del efecto o problema.

Trazar una flecha y escribir el “efecto” del lado derecho.

Identificar las causas principales a través de terminan en la flecha principal. flechas secundarias que terminan en la flecha principal.

Figura 9 Diagrama causa-efecto



Fuente: (Stachú, 2009)

Asignar la importancia de cada factor. Definir los principales conjuntos de probables causas: materiales, equipos, métodos de trabajo, mano de obra, medio ambiente (5 M's). Marcar los factores importantes que tienen incidencia significativa sobre el problema. Registrar cualquier información que pueda ser de utilidad.(Walter Stachú, 2009)

5.3 Marco normativo/legal

El marco normativo legal para Colombia en cuanto al transporte está definido por la ley 105 de 1993 y 336 de 1996.

La ley 105 creó el sistema nacional del transporte y fijó los criterios por los cuales debe regirse el transporte en el país, el régimen para la adjudicación de concesiones y el montaje de los peajes en las diferentes vías del territorio, los requerimientos para definir la malla vial, sus especificaciones técnicas y geométricas que deban formar parte en la construcción vial. (Ospina G. 2004).

La ley 336 de 1996 unificó los criterios para la regulación del transporte en el territorio en todas sus características (aéreo, marítimo, terrestre, fluvial y masivo) y estableció así mismo que las autoridades tanto nacionales y regionales sean las encargadas de la organización, vigilancia y control de la actividad del transporte en su respectiva región o zona de jurisdicción.

Dicha ley buscaba asignar al ministerio del Transporte facultades para asignar funciones de planeación, coordinación, regulación, control y ejecución de obras y en su efecto se crearon 7 decretos que reglamentaron.

- El transporte terrestre automotor en sus modalidades de colectivo metropolitano, distrital y municipal de pasajeros.
- Pasajeros por carretera
- Pasajeros en taxi
- Movilización de carga
- Transporte especial

- Transporte Mixto
- Obligaciones de las empresas, régimen de sanciones y otros temas

Para la empresa donde se está generando el estudio se rige por los contratos de concesión para la prestación del servicio terrestre masivo, urbano y de pasajeros en el sistema de Transmilenio, (concesión 008, 009 de 1999).

5.4 Marco Histórico

Consortio Express es una compañía de transporte terrestre masivo que tiene su centro de operación en la ciudad de Bogotá y hace parte de la concesión de transporte masivo para la ciudad convenida con Transmilenio S.A.

Es una organización creada en el año 2010 la cual fue conformada por un grupo de accionistas de la compañía Express del Futuro la cual nació en el año de 1998, con una flota de buses BRT (buses rojos Transmilenio); posterior a esto nació la necesidad de brindar servicio al transporte de alimentador de la ciudad el cual alimenta y desalimenta el sistema BRT, es por esto que nace las compañías al norte fase II y Al capital fase II, las cuales pertenecen al mismo grupo.

El año 2010 Transmilenio genera unos requerimientos para la prestación de transporte zonal, es allí donde consorcio Express es oferente para dos de las trece zonas de la ciudad de Bogotá; ubicadas en las localidades de San Cristóbal Norte y San Cristóbal Sur y su finalidad era dar por terminado la prestación del transporte urbano particular, la compañía vincula en ese momento 2000 móviles compuestos por vehículos retomados del antiguo sistema urbano; estos buses

retomados y vinculados se les genera un Overhall para poder asegurar su operatividad y capacidad de atención de las nuevas necesidades de la ciudad en cuanto a transporte y en la actualidad cuenta con 3600 vehículos divididos en los siguientes componentes:

- Componente Troncal
- Componente Zonal

Los componentes zonales están divididos en complementarios, servicios especiales, padrones y padrones especiales, cada uno de estos componentes abarcan la ciudad y son divididos según el tipo de vías y de servicio a prestar.

La compañía actualmente cuenta con 6600 colaboradores, conformados entre operadores, personal de mantenimiento y personal administrativo, también es un generador de empleo tanto directo como indirecto en la ciudad de Bogotá pues cuenta con un amplio número de empresas contratistas para garantizar la disponibilidad y operatividad de los componentes móviles.

El mismo grupo cuenta con operaciones en Perú con la compañía Limavias Express ubicada en la ciudad de Lima, enfocada en la modalidad de transporte masivo de pasajeros.

En la actualidad la empresa está sumergida en una crisis debido al déficit económico por los bajos ingresos de la operación propia de los zonales y el alto costo de mantenibilidad de la flota para suplir la necesidad diaria de la ciudad, este déficit se debe en un alto porcentaje al bajo nivel de pasajeros que utilizan el servicio y la diferencia entre las tarifas del transporte provisional y el transporte formal.

6 Marco metodológico

6.1 Recolección de la información

Para la recolección de la información del presente trabajo, se utilizó la empresa Consorcio Express la cual hace parte del contrato para la prestación del servicio de transporte masivo en la ciudad de Bogotá D.C. por medio de la empresa Transmilenio quien es la gestora del sistema integrado de transporte público SITP y responsable de la organización del sistema y del control y seguimiento a la operación en la ciudad del SITP.

La empresa Consorcio Express facilitó sus instalaciones del patio denominado Gaviotas en el sur de la ciudad donde se hará la recolección, análisis y toma de los datos a evaluar; se reunirá la información adicional para la toma de decisiones y la descripción de los procedimientos actuales para generar el respectivo mantenimiento a sus vehículos.

6.1.1 Tipo de investigación

Tabla 4 *Tipos de Investigación*

TIPO DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
<input type="checkbox"/> Histórica	Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente.
<input type="checkbox"/> Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
<input type="checkbox"/> Descriptiva	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio.
<input type="checkbox"/> Correlacional	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada.
<input type="checkbox"/> Explicativa	Da razones del porqué de los fenómenos.
<input type="checkbox"/> Estudios de caso	Analiza una unidad específica de un universo poblacional.
<input type="checkbox"/> Seccional	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única.
<input type="checkbox"/> Longitudinal	Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.
<input type="checkbox"/> Experimental	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes.

Fuente: (TOMADO DE LA GUIA METODOLÓGICA ECCI)

Para el estudio del presente trabajo se toma como guía del cuadro de tipos de investigación de anteproyectos de la Universidad ECCI, de la cual se utilizarán del tipo descriptivo donde se analiza la información obtenida sobre el tema objeto de estudio (Tabla 4).

6.1.2 Fuentes de obtención de la información

Fuentes primarias

Las fuentes primarias para el desarrollo de la investigación son la empresa Consorcio Express, patio Gaviotas ubicado en la ciudad de Bogotá D.C., Manual de Operaciones componente zonal SITP versión 11 de Transmilenio, manuales de las unidades

Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias para el desarrollo de la investigación están integradas por monografías, tesis, trabajos de grado, documentos electrónicos de páginas especializadas y libros de texto

6.1.3 Herramientas

Desde el punto de vista de criticidad en cualquier proceso se buscará la utilización de una herramienta sencilla que ayude a identificar los puntos críticos del sistema en estudio, donde se buscará encontrar fallas o falencias del mantenimiento generado al sistema en estudio; altos costos de aplicarlo y detectar procedimientos inadecuados o que se están dejando de generar no solo con el objetivo de garantizar un óptimo mantenimiento sea cual sea que se esté ejecutando en el sistema en estudio (predictivo, preventivo o correctivo).

El RCA (Análisis de Causa Raíz), es una metodología que se utiliza para identificar las causas que originan los fallos, las cuales al ser corregidas evitaran la ocurrencia de las mismas. El RCA es una técnica que nos ayudará a identificar causas fundamentales que conducen a fallas recurrentes.

Esta se convierte en una metodología muy útil para la eliminación de actores malignos en los procesos o equipos buscando rapidez y eficacia en la solución de problemas cotidianos y llegar a evitar la repetición de eventos mayores llegando a la eliminación de los defectos en una falla repetitiva.

La Criticidad se utiliza para obtener la importancia de los equipos dentro de los procesos ya sean productivos o de servicio, esta se obtiene de la evaluación de las consecuencias que sobre los procesos se obtienen y la forma como afecta los equipos.

6.1.3.1 El análisis de criticidad

Nos permite como herramienta determinar la jerarquización de procesos o equipos para la toma de decisiones con respecto a su impacto dentro de los determinados procesos que afectan la confiabilidad.

6.1.3.2 Reportes de Fallas

Es una herramienta que nos permite generar seguimiento y hacer control sobre las fallas y/o novedades reportadas en los móviles Sitp zonales, especialmente en los ejes cardánicos, la cual nos permite realizar un análisis de confiabilidad y posterior intervención a los móviles que generan mayor impacto de mantenibilidad, ([FR-HSEQ-88 Análisis de Indicadores V1 REPORTE DE FALLAS.xlsx](#)).

6.1.4 Metodología

Para el desarrollo del objetivo No 1 “Establecer los costos en las intervenciones mecánicas al sistema eje cardánicos”, se hará un análisis del plan de mantenimiento para identificar el tiempo que se le dedica a cada actividad y en especial a la del sistema en estudio, determinar el tiempo de ejecución de la tarea o rutina VS el valor real de generarla, encontrar los costos de repuestos y la criticidad de los mismos y si es necesaria las veces que se genera dentro del plan de mantenimiento. Este análisis se realizara con un modelo financiero sencillo denominado “Costos directos por no disponibilidad por fallas” el cual nos ayudara a identificar el costo real de tener un equipo parado por el sistema en estudio.

El modelo plantea tres variables $Cnd-Cpt*(1-A)$, donde:

Cnd: es el costo de no tener disponible el equipo

Cpt: es el costo productivo del equipo en el tiempo y

A: es la disponibilidad que debe tener el equipo

Para el desarrollo del objetivo N° 2 “Minimizar los tiempos de inoperancia de los equipos por fallas presentadas en el sistema eje cardánicos”, se utilizara otra herramienta sencilla y de fácil aplicación que nos brinda el RCA, los 5 Por qué; con la cual se busca identificar desde lo general a lo específico en donde podemos minimizar los tiempos de inoperancia del equipo o sistema en estudio.

Para el desarrollo del objetivo N° 3 “definir el tipo de herramienta para garantizar el seguimiento de costo del mantenimiento del sistema ejes cardánicos” se utilizara una Matriz de Falla VS Velocidad de deterioro donde se analizará cuáles serán las tareas más adecuadas para el sistema y su inclusión o salida del plan de mantenimiento.

6.1.5 Información Recopilada

Gran parte de la información recolectada en este trabajo ha sido elaborada en la fuente principal y analizada desde el punto de vista descriptivo dando el alcance deseado del proyecto, en el cual se identificaron factores o variables que generan la búsqueda de herramientas para el desarrollo metodológico del trabajo.

6.1.5.1 Entrevistas

Esta es una herramienta fácil de usar y muy simple pues se puede profundizar con respecto a la necesidad que se tenga de la información a recoger, se utiliza para los sistemas de mayor criticidad y es elaborada por el coordinador de patio a los técnicos de mantenimiento; esta información recopilada hace parte del paquete de hoja de vida de los equipos, pues con ella se busca tener un histórico cercano de la situación actual de cada sistema de los vehículos, (ver conclusiones, pág. 74;75).

[Anexo formato con preguntas](#)

6.1.5.2 Trabajo de Campo

Mediante la observación directa durante el proceso se logra conocer de manera eficaz las condiciones generales con las cuales el personal lleva a cabo el mantenimiento de los ejes cardánicos, las herramientas utilizadas y los procedimientos necesarios para cumplir la labor al interior del taller, (ver conclusiones pag.74;75).

6.1.5.3 Indicadores de Gestión

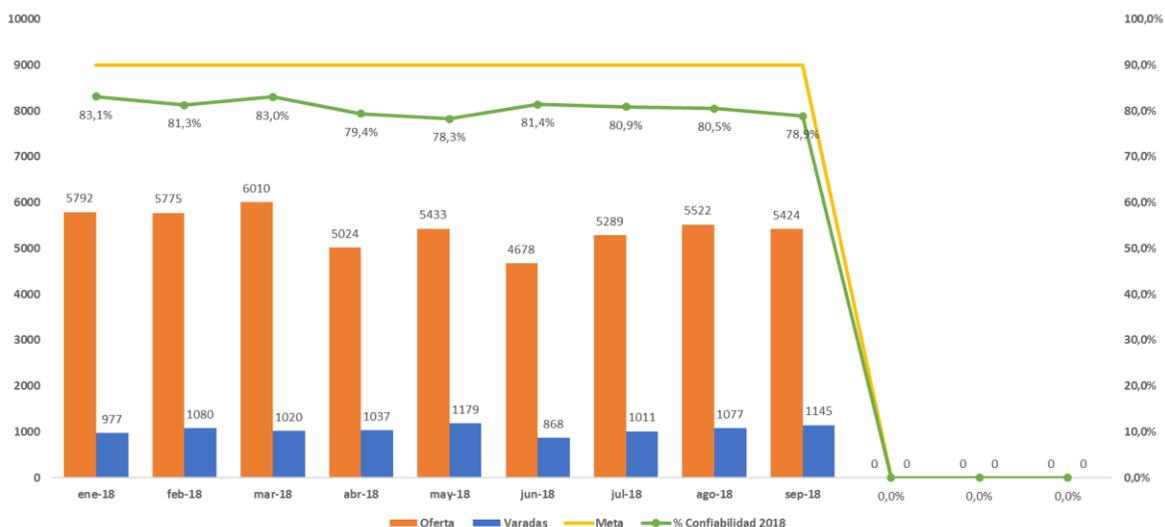
Los indicadores de gestión ayudan a deslumbrar el comportamiento de los procesos dentro de las organizaciones, ayudando a mejorar cada uno de estos enfocándolos sobre metas definidas y trazadas por la organización.

En consorcio Express se utiliza esta herramienta para hacer un análisis del comportamiento de los recursos para generar la sostenibilidad de la flota.

Algunos indicadores que se manejan son:

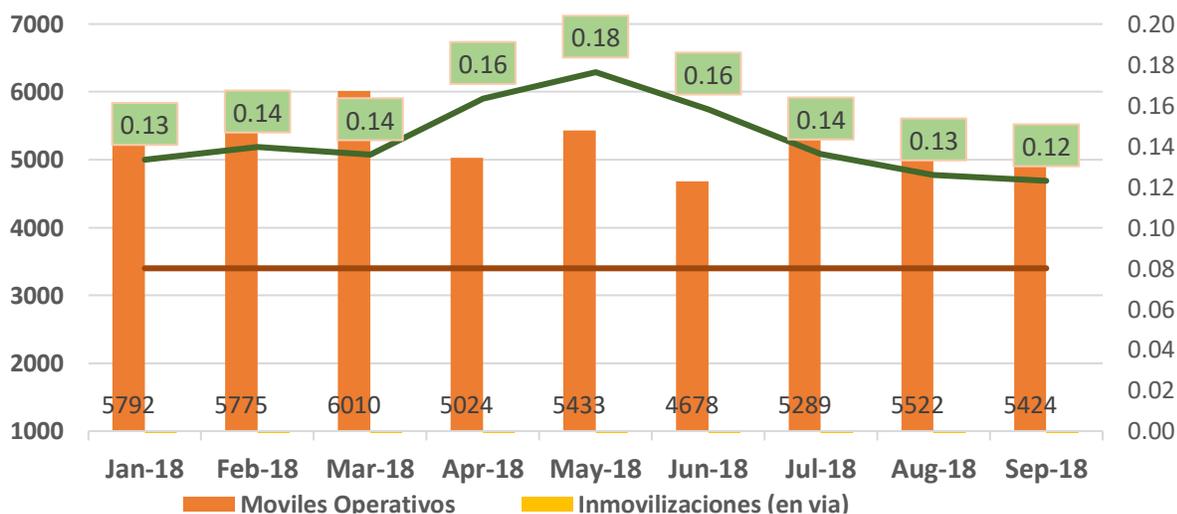
- Disponibilidad, permite saber cuántos buses se tienen para la prestación del servicio.
- Confiabilidad, en el cual se puede observar la oferta de móviles, la cantidad de varadas que tienen y el seguimiento con respecto a la meta propuesta.
- Nivel de servicio, el cual permite monitorear la cantidad de servicios prestados a Transmilenio.

Gráfica 1. Indicador de Confiabilidad



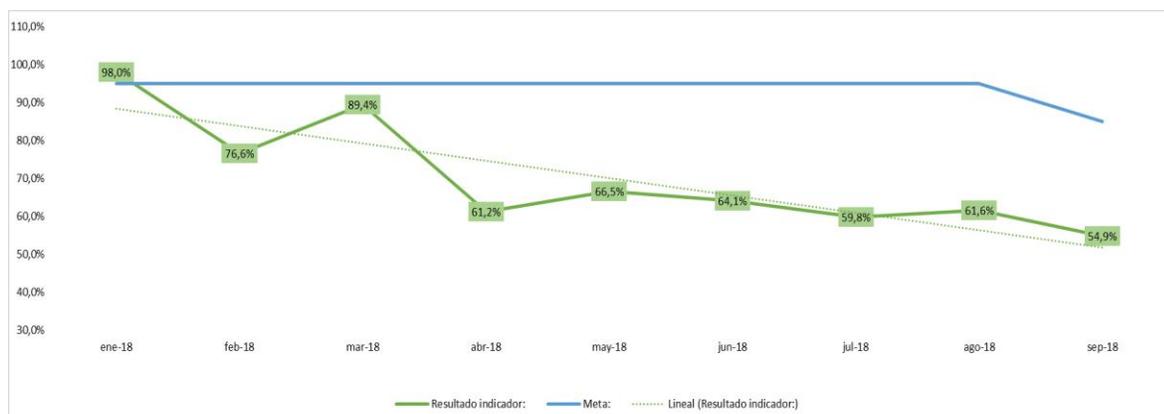
En la gráfica uno se puede observar que la confiabilidad de la flota no ha sido la esperada, que si bien la oferta es alta las varadas afectan de manera proporcional la confiabilidad.

Gráfica 2. Indicador nivel de servicio



En la gráfica 2 se observan comportamientos lineales y constantes en la cantidad de móviles operativos, es estable pero se requiere que presente una tendencia a la alza para la recuperación de la inoperatividad de flota.

Gráfica 3. Nivel de servicio disponibilidad



En la gráfica 3 identificamos que el nivel de disponibilidad es bajo Vs el esperado, la tendencia de la disponibilidad ha sido a la baja, lo que afecta directamente el ingreso de la compañía por Km recorridos y cantidad de pasajeros.

Gráfica 4. Costos Mantenimiento Ejes Cardánicos



En la gráfica 4 se observa el costo mensual del mantenimiento de los ejes coránicos donde se evidencia el creciente costo de este versus la meta propuesta por la compañía.

6.2 Análisis de la información

El análisis realizado al trabajo parte de los procedimientos cuantitativos y cualitativos de las herramientas utilizadas con el fin de extraer la información necesaria para generar un estudio que conlleve a la determinación de soluciones y la interpretación de los resultados.

El trabajo de campo permitió conocer la forma como cada uno de los técnicos del taller ejecutaba sus labores diarias de mantenimiento y genero información valiosa para poder interpretar como desde el hacer se generan fallas cotidianas que permitían la no ejecución total de las labores técnicas que se debían realizar a cada uno de los sistemas, esta información sirvió para entender que existían causales totalmente externos que no permitían el buen funcionamiento del factor humano; estas interrogantes le fueron entregadas al departamento de talento humano para su análisis ya que el alcance del proyecto no abarca el tratamiento de dichas causales.

Las entrevistas realizadas (20 entrevistas), con los formatos entrego información que ayudo a entender los puntos que se debían fortalecer en el taller de mantenimiento y en cuales se debía trabajar fuertemente para apoyar la labor de los técnicos, se evidencio que la percepción con respecto a las herramientas, los equipos, el personal de apoyo y los recursos asignados en el taller tenían una favorabilidad por parte de este personal pues se encontró que solo el 56% creía que si tenían lo suficiente para ejecutar sus labores acorde a las necesidades y metas que se les solicitaban.

[Anexo Tabulación entrevistas](#)

La metodología utilizada en el taller de mantenimiento se basó en un análisis de causa raíz (RCA), con una matriz de criticidad, teniendo en cuenta la recurrencia de la falla presentada en los días hábiles que son los de mayor necesidad de la flota ([ver anexo Matriz de Criticidad](#)).

Este análisis ayudó a detectar los fallos y anomalías más recurrentes dentro del proceso de mantenimiento de ejes cardánicos en los buses de Consorcio Express, estos resultados llevaron a la conclusión de que la metodología que estaba empleando Consorcio Express en su departamento de mantenimiento no estaba acorde con la necesidad planteada, se evidenció también que no se estaban utilizando herramientas de seguimiento y control del cómo se deberían hacer las actividades de mantenimiento en los ejes cardánicos, lo cual conllevaba a la toma de decisiones erróneas por parte de los jefes de mantenimiento del patio en cuanto al costo de generar el mantenimiento, la adquisición de repuestos y el cronograma de personal para esta operación, ([ver anexo Análisis de falla funcional-5 porqués?](#)).

Al finalizar el análisis de toda la información recopilada, el trabajo de campo, la revisión de las entrevistas y el análisis de los costos por mantenimiento en los ejes cardánicos bajo la metodología de RCA, se detectó que los rubros de sostenibilidad del sistema (ejes cardánicos), estaban generando un detrimento del valor adquisitivo de mantenibilidad de la flota; pues el costo mensual estaba por encima de lo presupuestado por la compañía (13% anual de mantenimiento ejes cardánicos), a lo que conlleva a determinar que la necesidad de cambiar a una metodología que redujera tanto los tiempos de ejecución, como el consumo de insumos y la mano de obra fueran los más críticos y logaran apuntarle a lo que deseaba la organización, y la finalidad del análisis de costos que se llevó a cabo por parte de los especialistas en gerencia de mantenimiento.

Con respecto al plan de acción generado para el año 2018 en este trabajo el porcentaje de ejecución a fecha enero de 2019 se encuentra en el 83% de evaluación, logrando interactuar con el departamento de mantenimiento en una mejoría en los planes ejecutados en el sistema de ejes cardánicos. ([Ver anexo plan de acción](#)).

6.3 Propuesta(s) de solución

La solución que se plantea para este trabajo y que se le propone a Consorcio Express es la implementación en el departamento de mantenimiento de la metodología de RCA (análisis causa/raíz) para el logro y sostenibilidad de los objetivos trazados, con los cuales se busca garantizar:

- Considerar una herramienta que genere confiabilidad en la información recolectada para así poder tomar decisiones que conlleven a la evaluación del costo del mantenimiento que se genera en los ejes cardánicos bajo las pruebas de movimiento axial y radial.
- Atenuar los costos de generar mantenimiento a los ejes cardánicos bajo las herramientas de análisis de RCA.
- Garantizar el servicio de la flota para su operación minimizando los tiempos de parada en taller por fallas presentadas en la tipología estudio (ejes cardánicos).

El método del RCA aportara herramientas para seguir haciendo análisis de criticidad, tales como la espina de pescado (Diagrama de Ishikawa), la técnica de los 5 porque, el análisis de causa efecto.

Estas herramientas servirán no solo al proceso de ejes cardánicos si no que se complementara con las demás rutinas o tareas de los planes de mantenimiento que existan en la compañía; para poder estudiar, catalogar, minimizar y tomar decisiones acordes para generar soluciones que vallan de la mano con lo que se desea lograr.

Anexo a la solución planteada se propondrá la adquisición de un Comparador de Carátula Análogo como tecnología de mejoramiento para el proceso o los procesos donde exista la necesidad de este tipo de tecnología que puedan ayudar a la eficiencia de las rutinas de mantenimiento.

La solución planteada busca que se logren los objetivos propuestos en el trabajo catalogando y mejorando los procesos dentro del área de mantenimiento, logrando un contraste que dé soluciones o acciones de mejora para el área con respecto a los resultados que se espera al interior de la organización.

Lograr con la metodología de RCA el ahorro esperado del 8% en los costos de generar el mantenimiento del sistema “eje cardánicos” y dar paso con el seguimiento a implementar un plan de mantenimiento enfocado en prevención del sistema.

7 Impactos esperados/generados

Para la propuesta 1, entre los impactos que se espera generar al culminar este proyecto es lograr el ahorro del 8 % entre mano de obra, repuestos, reproceso y mantenibilidad de los equipos, utilizando la metodología del RCA en las tareas críticas, ayudara a identificar los focos donde más recursos se desperdician (para el caso del trabajo, estará sujeto a la mano de obra en ejes cardánicos, el valor de la rutinas de mantenimiento y la adquisición de los componentes más relevantes), cabe resaltar que este es un porcentaje conservador para la inversión actual de la compañía y se tiene una proyección de un ahorro que irá incrementando a medida que la flota vehicular se estabilice, esperando llegar hasta el 32% anual.

También se busca impactar los indicadores de gestión que la organización utiliza esto con el fin de lograr unos resultados más a fines con las metas que proponen en el área de mantenimiento y servicio, ya que estos son la directriz general para lograr los resultados que Consorcio Express ofrece al consumidor en general.

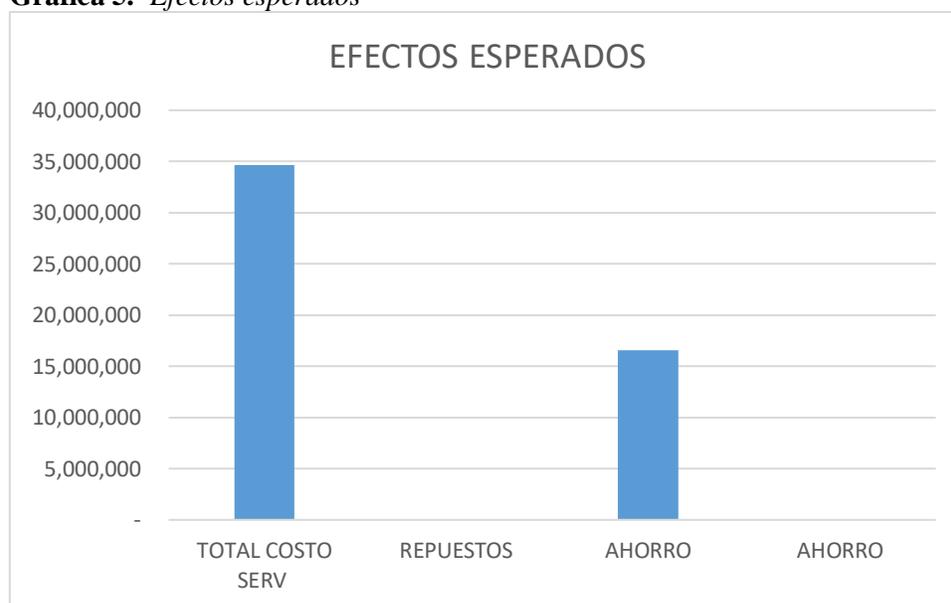
Al impactar las metas de los indicadores de gestión, se lograra estabilizar no solo el área de mantenimiento, también lograra facilitar la ejecución presupuestal para los demás departamentos y ser enfático en la toma de decisiones a futuro.

Tabla 5 *Costo total*

	SERVICIOS	TOTAL COSTO SERV	REPUESTOS	AHORRO	AHORRO
-	34.630.922	34.630.922	-	16.538.186	32%

Como se muestra en la tabla, la implementación busca la reducción presupuestal y el ahorro en el programa de mantenimiento de toda la flota sin afectar la mantenibilidad y disponibilidad de los recursos.

El ahorro se está generando por la disminución de los servicios de grúas y paradas no programadas

Gráfica 5. *Efectos esperados*

En la gráfica 5 se observa el objetivo de ahorro con la dinámica que proponen Félix Botero y Roger Escobar el efecto esperado dado en millones de pesos tanto para servicios como para repuestos.

8 Análisis financiero

Dentro de los resultados esperados el más importante es obtener un ahorro mensual que se debe lograr en cada unidad de transporte, esto con el fin de garantizar una rentabilidad positiva después de descuentos (nómina, mantenimiento, servicios, otros), este análisis financiero busca mostrar cuánto cuesta generar la implementación de la metodología de RCA dentro de la organización, la implementación más que costos generará es tiempo de capacitaciones del personal, pues se espera que la implementación total de la metodología presentada este en un tiempo estimado de seis meses contados a partir del momento de aprobación de este análisis por parte de la compañía Consorcio Express.

8.1 Retorno de la Inversión Trabajo Ejes Cardánicos

Se desea verificar el resultado que se podría obtener de la inversión para el proyecto de análisis e incidencia en los ejes cardánicos, como no está implementado se tratará de acercarlo lo más posible a la realidad y encontrar cuáles serían los beneficios si se llega a implementar en Consorcio Express y/o en otra compañía de transporte con las mismas características.

La inversión quedará reflejada al poder controlar la alta incidencia de varadas en este grupo de construcción (Ejes Cardánicos). Como se evidencia previamente en el análisis, el costo de una varada en la flota vehicular en el año se convierte en cientos de millones que se dejan de percibir y otro tanto por el pago de multas por la no prestación del servicio ante el ente gestor. Transmilenio.

Cuando se habla de ROI se puede definir como una medida utilizada para verificar el rendimiento de una inversión.

Para determinar el valor del cálculo de retorno de inversión, se tiene en cuenta el valor facturado por Consorcio Express durante 30 días lo cual fue de \$34.630.922. Se realiza la división del valor facturado en servicios del tercero que repara los cardanes en 30 días y a su vez en 24 que son las horas diarias laboradas en el centro de operación Gaviotas.

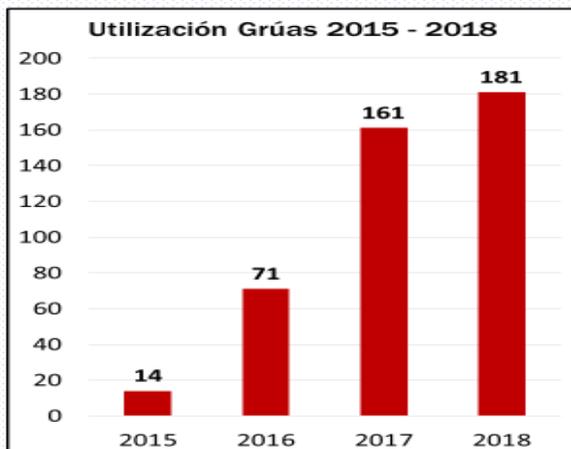
Tabla 6 ROI

SERVICIOS	% AHORRO	AHORRO REAL	MESES
\$ 34.630.922	8%	\$ 2.770.474	10
UTILIDAD GENERADA Y/O AHORRO	INVERSION	ROI	
\$ 27.704.738	\$14.700.000	\$13.004.738	

Fuente: análisis financiero grupo de investigación trabajo de grado

El valor por hora de servicio en promedio para la flota de 317 buses es de \$ 480.985, Se hace un análisis de las pérdidas por Km no recorridos en la flota en general de la compañía ascendiendo a ingresos no percibido de \$11.766.000.000 adicional a esto se tienen los desincentivos por valor de \$37.534.000.000 por parte de Transmilenio. El valor de traslados en grúas es de \$48.319.000

Gráfica 6. Costos de grúas



382 GRÚAS durante 4 años derivados de novedades mecánicas de vehículos.

690 Horas - 29 Días Transitando X Bogotá

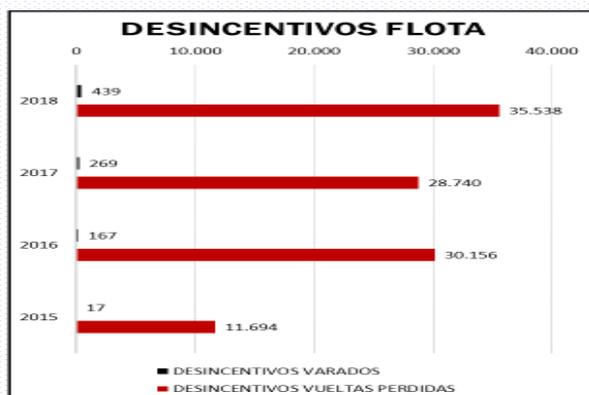
Situación 2018

15 usos Grúas Mes

Valor de Traslados

Varadas	\$ 43.926.400
Movimientos a Volvo Andina	\$ 4.392.640
TOTAL	\$ 48.319.040

Gráfica 7. Desincentivos flota



DESINCENTIVOS VUELTAS PERDIDAS

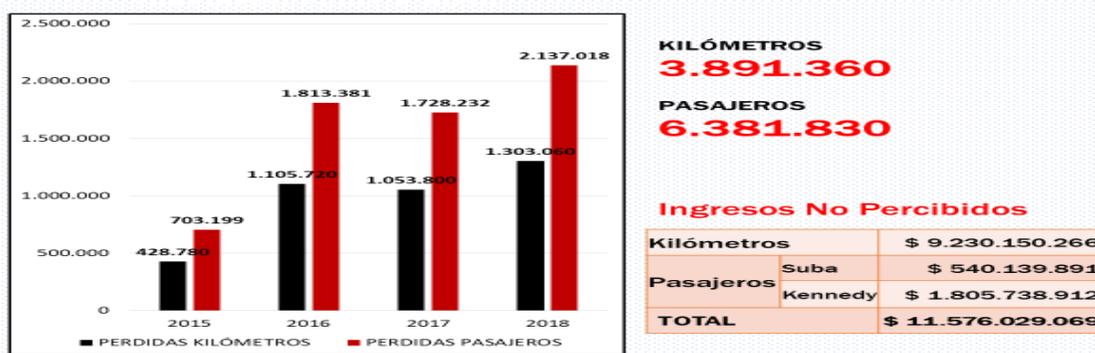
106.128 (M-6001) Vueltas perdidas por falta de móvil

892 (M-5023) Bus varado

Valor de Desincentivos

Vueltas Perdidas	\$ 37.144.800.000
Varadas	\$ 374.640.000
TOTAL	\$ 37.519.440.000

Gráfica 8. Ingresos no percibidos flota



El retorno de la inversión se verá reflejado en la cantidad de km recorridos vs. el monto de retribución obtenido por kilometraje que es de \$480.985.028. el retorno de la inversión se verá reflejado en el primer trimestre de ejecución.

9 Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

Para cualquier organización es importante entender que el mantenimiento de los equipos siempre debe ir en sentido del mejoramiento continuo para lograr los resultados que propone la organización desde su plan estratégico, siempre enfocado en el ahorro y en el control del presupuesto asignado, pues siempre se presenta que este departamento se le ve más como un gasto asociado al equipo y no como una parte del desarrollo funcional de las organizaciones.

Implementar la metodología RCA ayudara a la organización en la toma de decisiones que conlleven al mejoramiento del área de mantenimiento y a evaluar mejor los costos de realizar mantenimientos a los diferentes sistemas que competen al área; garantizará los tiempos de parada de los equipos optimizando y mejorando el servicio prestado en el área.

Con los resultados obtenidos y con la aplicación del plan de acción que se está llevando a cabo al interior del sistema y en el taller de mantenimiento, se ha evidenciado el avance con respecto al planteamiento que fue propuesto desde el inicio del trabajo; teniendo en cuenta las diferentes variables y los objetivos de la investigación, se ha logrado avanzar en un 83% con los resultados del trabajo y se está minimizando el alto costo de generar mantenimiento al sistema de ejes cardánicos, se ha logrado disminuir las paradas en el patio Gaviotas por el causal de daños en ejes cardánicos, anexo el uso de la herramienta tecnológica solicitada y aplicada al sistema ha

logrado una gran mejoría en los tiempos de ejecución de las tareas de alineación del sistema, bajo las pruebas axial y radial facilitadas por el comparador de carátula adquirido.

Con la adquisición del Comparador de Carátula se busca que el área sea más efectiva a la hora de garantizar la funcionabilidad de componentes en los equipos.

9.1.2 Conclusión general

Se brindará una herramienta para la toma de decisiones, evaluando el costo de generar mantenimiento preventivo al sistema ejes cardánicos, bajo las pruebas de movimiento radial y axial, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la información recolectada con las herramientas suministradas en la utilización de la metodología de RCA, la cual ayudara circunstancialmente en la mejor elección del presupuesto para el área y las herramientas a fin para el logro de los objetivos de compañía.

9.1.3 Conclusiones específicas

- Se logra establecer los costos en las intervenciones mecánicas al sistema de ejes cardánicos.
- Se minimizará los tiempos de parada de los equipos por fallas presentadas en el sistema eje cardánicos, con las mediciones previas con los equipos de diagnóstico asignados para la labor (comparador de caratula)
- El resultado que se obtiene es definir el tipo de metodología para garantizar el seguimiento de costos del mantenimiento de los ejes cardánicos, para lograr minimizarlos en un 8%.

9.2 Recomendaciones

Inculcar a todos los colaboradores la necesidad de aprender a utilizar las herramientas que entrega la metodología RCA, para aumentar las competencias dentro de su área.

Buscar el trabajo en equipo con las demás áreas de la organización para impulsar el desarrollo de las herramientas y el conocimiento adquirido para no perder el proceso iniciado y los resultados obtenidos

Adquirir cultura corporativa con influencias de la cultura CARAL, hacerlo bien a la primera, una inspección visual nos evitara una posible varad en vía y tener desincentivos.

Instruir en la utilización de herramientas especializadas para efectuar diagnósticos más certeros y confiables.

10 Bibliografía

- Beltran Coronado, J., & Orozco Vega, O. (2014). *PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA APLICAR A LA FLOTA DE*. Barranquilla: Universidad Autonoma del Caribe.
- Betancourt, J., & Palacios, W. (2018). *Analisis de Fallas por Recalentamiento en automotores de Consorcio Express S.A.S basado en RCM*. Bogota: Universidad ECCI.
- Buelvas Diaz, C., & Martinez Figueroa, K. J. (2014). *ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO*. Barranquilla: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE .
- cardan-despiece-<http://www.aficionadosalamecanica.net/transmisiones.htm>. (s.f.).
- Cardenas, J., Bastidas, G., Cardozo, H., & Benitez, J. (2016). *Calculo del TPEF (tiempo promedio entre fallas)*. Bogota: Universidad ECCI.
- Casanova, O. L., Garza Flores, R., & Ortiz, J. M. (2012). *Implementación de un sistema de gestión eficiente de flotas de transporte*. Mexico: Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Castañeda Muñoz, J., & Gonzales Mino, K. (2016). *PLAN DE MEJORA PARA REDUCIR LOS COSTOS EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA TRANSPORTES CHICLAYO S.A. CHICLAYO*. Chiclayo: Pimentel.
- Consortio Express. (2018). *Informe financiero Consortio EXpress*. Bogotá.
- consorcioexpress. (s.f.).
- consorcioexpress, e. (s.f.).
- Cruz Garzon, J. F., & Talero Orjuela, D. A. (s.f.). *Propuesta de Implementación de la metodología 5's para la ejecución de tareas de Mantenimiento en un taller Automotriz*. Bogota: Universidad ECCI.

- Estupiñan, W., & Torres, G. (2015). *Propuesta para la creación de un árbol de equipos de la flota vehicular de un concesionario perteneciente al sistema integrado de transporte público de Bogotá*. Bogota: Univerisdad ECCI.
- Franco Marulanda, R. A. (2017). *PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA VEHÍCULOS DE MOVIMIENTO DE*. Pereira: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
- Garcia Garrido, S. (2010). *La contratación del mantenimiento industrial*. Madrid: Diaz de Santos.
- Garcia Gonzales, J., & Quijano. (2004). *mecanismos de degradación y de fallas*. Madrid: Escuela Tecnica Superior de Ingenieria.
- Girón Pleitez, J. A. (2007). *PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA*. Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA .
- Gonzales Javier, Q. (2004). *Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: desarrollo de una metodología de gestión de mantenimiento basado en el riesgo* . Madrid.
- Gonzales Javier, Q. (2004). *Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: desarrollo de una metodología de gestión de mantenimiento basado en el riesgo* . Madrid.
- Gonzales Rodriguez, J. N. (2014). *Elaboración del programa mantenimiento, para el departamento de emergencias en la empresa SACS consultores S.A.S*. Bogota: Universidad Catolica de Colombia.
- <http://www.aficionadosalamecanica.net/transmisiones.htm>. (s.f.).
- <http://www.aficionadosalamecanica.net/transmisiones.htm>. (s.f.).
- <https://www.generalpropeller.com>. (s.f.). Cardan.
- <https://www.transpower.com.co/linea-de-cardanes/>, :. (s.f.).

- Ibarra/Piña. (2011). *Propuesta para el Mejoramiento del Transporte Público Urbano para la ciudad de Azogues con perspectivas hacia: La Seguridad Vehicular, Contaminación Ambiental y Gestión del Tránsito*". Cuenca.
- Martínez D., D. A. (2011). *evaluación de los costos asociados a la gestión de un plan de mantenimiento preventivo para una flota de ambulancias de un servicio médico prepagado*. . Venezuela: evaluación de los costos asociados a la gestión de un plan de mantenimiento preventivo para una flota de ambulancias de un servicio médico prepagado. .
- Mendoza Banchon, M. G. (2015). *EVALUACIÓN TÉCNICA DE LOS PROCESOS DE*. Guayaquil: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL.
- Mlni plan estratégico. (2018). *Clase Planeación estratégica Universidad ECCI*. Bogotá.
- Montes Villada, J. D. (2013). *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA ARTICULADA*. Pereira: Universidad Tecnológica De Pereira.
- Muñoz, H. V. (2011). Bucaramanga.
- Muñoz, H. V. (2011). *Aplicación de la Metodología Análisis Causa Raíz (RCA), para la eliminación de un mal actor en equipos críticos de la SOM-Ecopetrol S.A.*". Bucaramanga.
- Navarro Elola, L., Pastor Tejedor, A. C., & Mogaburu Lacabrera, J. M. (1997). *Gestión integral de mantenimiento*. Madrids España: Marcombo.
- Quintana Daza, C. L. (2008). *Planteamiento e implementación de alternativas para el manejo y disposición de los residuos peligrosos generados en los procesos productivos de la industria Transejes S.A*. Bucaramanga: Planteamiento e implementación de alternativas para el manejo y disposición de los residuos peligrosos generados en los procesos productivos de la industria Transejes S.A.

Rincon Barbosa, W., & Sanchez Urrego, L. H. (s.f.). *Análisis de Causa Raíz (RCA) para Optimizar la Confiabilidad de los Activos Informáticos de la Previsora S.A. Compañía de Seguros.*, Bogota: Universidad ECCI.

Rodriguez, J. L. (2018). *ELABORACION DE UNA PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN.* Bogota: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

Rojas, N. D. (2011). *Apuntes de clase de mantenimiento.* Bogotá: ECCI.

Stachú, S. W. (2009). *Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa.* El Cid.

TOMADO DE LA GUIA METODOLÓGICA ECCI. (s.f.).