



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

III Programa de elaboración de tesis

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (mcc) para incrementar la disponibilidad de los tractocamiones Freightliner de la empresa Transportes Pakatnamu SAC”

Autor:

Bach. Salazar Zegarra Jhonluis

Asesor:

ING. Méndez Cruz Oscar

LAMBAYEQUE – PERÚ

Diciembre Del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

III Programa de elaboración de tesis

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (mcc) para incrementar la disponibilidad de los tractocamiones Freightliner de la empresa Transportes Pakatnamu SAC”

Autor:

Bach. Salazar Zegarra Jhonluis

APROBADO POR EL JURADO EXAMINADOR

PRESIDENTE : Msc. Chambergo Larrea Carlos

SECRETARIO : Ing. Puyen Mateo Néstor Daniel

MIEMBRO : Ing. Oviden Núñez Héctor Antonio

ASESOR : Ing. Méndez Cruz Oscar

LAMBAYEQUE – PERÚ

Diciembre del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

III Programa de elaboración de tesis

TESIS

TÍTULO:

“Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (mcc) para incrementar la disponibilidad de los tractocamiones Freightliner de la empresa Transportes Pakatnamu SAC”

CONTENIDOS

CAPITULO I : PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

CAPITULO II : MARCO TEÓRICO.

CAPITULO III : MARCO METODOLÓGICO.

CAPITULO IV : PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.

CAPITULO V : ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

CAPÍTULO VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

AUTOR: Bach. Salazar Zegarra Jhonluis

PRESIDENTE

SECRETARIO

MIEMBRO

ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

Diciembre del 2019

DEDICATORIA

A mi padre, el Sr. Lucio Salazar Salazar, por ser mi soporte, mi ejemplo a seguir, inculcándome valores para ser una persona de bien, por las enseñanzas y sobre todo por la confianza depositada en mí para desarrollarme como profesional y en mi vida diaria.

A mi hermana, la Srta. Mirta Salazar Zegarra, por el apoyo incondicional en diversos momentos de mi vida, sobre todo en los más difíciles, por los ánimos que me ayudaron a perseverar en mis metas y por los consejos que me sirvieron para tomar decisiones.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud y sabiduría es todo este tiempo para poder lograr mis objetivos.

A mi padre y hermana, Lucio Salazar y Mirta Salazar, que siempre estuvieron para mí y todo lo que soy es por ellos. Gracias por todo.

A mi asesor, Ing. Oscar Mendez Cruz, por su tiempo y orientación que me brindó para la realización de este trabajo de investigación; también agradecerle por sus enseñanzas y consejos de la vida, ayudándome a tomar decisiones correctas.

Al gerente de la empresa, Ing. Luis Sialer, quien me dio la oportunidad laboral, confianza y por ser parte de los pilares de mi formación como profesional, permitiendo desarrollar este trabajo de investigación.

RESUMEN

Este importante trabajo de investigación, se propone un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para los Tractocamiones Freightliner de la empresa Transportes Pakatnamu SAC, teniendo como punto principal mejorar la disponibilidad de tractocamiones de la empresa en mención; ya que en los últimos años el índice de paradas no programadas es alto, generando baja productividad y el malestar de los clientes.

En primera instancia se identificó el estado actual de los Tractocamiones Freightliner describiendo los modos de fallas presentes en los diversos sistemas de estos. Para poder determinar la disponibilidad actual, teniendo como base de datos tiempos entre las fallas (TBF) y tiempos de las reparaciones (TTR) del historial de tractocamiones; después aplicando la metodología de MCC según la norma SAE JA 1011, tenemos que responder siete preguntas inmersas en esta metodología.

Parte de la aplicación de esta metodología es realizar un Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), teniendo esta información damos prioridad según criticidad y consecuencia que puede provocar la falla, para esto determinamos antes y después de aplicar la metodología el Número de Prioridad de Riesgos (NPR), teniendo como objetivo proponer tareas que ayuden a evitar los modos de fallas, representadas en una hoja de decisiones.

Luego de aplicar las medidas mencionadas determinaremos los costos de mantenimientos obtenidos.

Al final de la investigación se comprueba que la Metodología del MCC, influye positivamente en la disponibilidad de los Tractocamiones Freightliner, teniendo como beneficio incremento de productividad, mejoras operacionales y de seguridad de la empresa; aumentar la vida útil, disminuir gastos de mantenimiento y paradas no programados por mantenimiento de los Tractocamiones Freightliner.

Palabras claves: MCC, disponibilidad, tractocamiones

ABSTRACT

This important research work, proposes plan of Reliability Centred Maintenance (RCM) for Freightliner Tractor trucks of the company Transportes Pakatnamu SAC which has as main point to improve the availability of tractors of the company in question; since the rate of unscheduled stops have increased in recent years, generating low productivity and customer discomfort.

First of all, the current status of the Freightliner Tractors was identified, describing the failure modes in the various systems of these. In order for to do this it was necessary to determine the current availability, taking mean time between failures (MTBF) and Mean time to repair (MTTR) in account of the truck tractor record; After implementing the RCM methodology according to SAE JA 1011, seven questions immersed in this methodology will be answered.

Part of the application of this methodology is to make a Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), on the basis of this analysis it gives a priority to what may be causing the failure according to the criticality and consequence, for this before and after applying the methodology Risk Priority Number (RPN) was determined, with the objective of proposing tasks that help avoid failure modes, represented in a decision sheet.

After applying the mentioned measures, the maintenance costs obtained will be determined.

At the end of the investigation it is verified that the RCM Methodology positively influences the availability of the Freightliner Tractor trucks, with the benefit of increased productivity, operational improvements and safety of the company; increase service life, decrease maintenance costs and unscheduled shutdowns for maintenance of Freightliner Tractor trucks.

Keywords: RCM, availability, trucks.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Formulación del Problema.....	1
1.3. Delimitación de la Investigación.....	2
1.3.1. Ubicación geográfica.....	2
1.3.2. Recorrido geográfico.....	3
1.3.3. Duración.....	3
1.4. Justificación e importancia de la investigación.....	3
1.5. Limitaciones de la investigación.....	4
1.6. Objetivos de la investigación.....	4
1.6.1. Objetivo general.....	4
1.6.2. Objetivos específicos.....	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes del estudio.....	6
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema de investigación.....	8
2.2.1. Definición del Mantenimiento.....	8
2.2.2. Objetivos de Mantenimiento.....	8
2.2.3. Evolución del Mantenimiento.....	9
2.3. Tipos de Mantenimiento.....	11
2.3.1. Mantenimiento Correctivo.....	11
2.3.2. Mantenimiento Preventivo.....	12
2.3.3. Mantenimiento Predictivo.....	12
2.4. Definición de CDMS.....	12
2.4.1. Confiabilidad.....	12

2.4.2. Disponibilidad.....	13
2.4.3. Mantenibilidad.....	13
2.4.4. Seguridad	13
2.5. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)	14
2.5.1. Definición	14
2.5.2. Objetivo.....	14
2.5.3. Metodología del MCC	14
2.5.4. Pasos para MCC.....	15
2.5.5. Selección de Sistema a Analizar	16
2.5.6. Contexto operacional	18
2.5.7. Funciones	19
2.5.8. Fallas funcionales	21
2.5.9. Fallas Ocultas	22
2.5.10. Patrones de fallas	23
2.5.11. Modos de fallas.....	27
2.5.12. Efectos de Falla	28
2.5.13. Consecuencias de las fallas.....	28
2.5.14. Tipos de tareas y mejoras en la instalación	30
2.5.15. Beneficios de la aplicación de MCC.....	33
2.6. Distribuciones estadísticas aplicadas al mantenimiento	34
2.6.1. Ley Exponencial de Fallos.	34
2.6.2. Distribución de Rayleigh	37
2.6.3. Distribución de Weibull.....	37
2.6.4. ¿Por qué usamos Weibull?	38
2.6.5. Confiabilidad (<i>Rt</i>).....	40
2.6.6. Mantenibilidad (<i>Mt</i>).....	42
2.6.7. Disponibilidad (<i>Dt</i>)	43
2.6.8. Método de los rangos medios	43
2.6.9. Parametrización de la ley de Weibull	44
2.6.10. Aplicación de la distribución de Weibull	45
2.6.11. Herramientas para el análisis del MCC.....	49
2.7. Sistemas y componentes representativos de los tractocamiones	56
2.7.1. Motor.....	56
2.7.2. Sistema de Refrigeración	57

2.7.3. Sistema de transmisión	59
2.7.4. Sistema de Dirección	61
2.7.5. Sistema de Suspensión	63
2.7.6. Sistema de Frenos y presión de aire	64
2.7.7. Sistema Eléctrico	65
2.7.8. Chasis y Cabina	67
2.7.9. Especificaciones generales	68
2.8. Definición conceptual de la terminología	68
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	71
3.1. Tipo y diseño de investigación	71
3.2. Población y muestra	71
3.2.1. Población	71
3.2.2. Muestra	71
3.3. Hipótesis	71
3.4. Variables – Operacionalización	72
3.4.1. Variable independiente	72
3.4.2. Variable dependiente	72
3.5. Métodos y técnicas de investigación	72
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados	73
3.6.1. Bibliográfico	73
3.6.2. Software	73
3.6.3. Material y equipos	73
3.7. Análisis estadísticos e interpretación de los datos	74
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	75
4.1. Contexto operacional	75
4.2. Propuesta de investigación	75
4.3. Sistemas y componentes representativos de los tractocamiones FTL	76
4.4. Cálculo de la disponibilidad inicial	76
4.4.1. Análisis de la confiabilidad inicial	78
4.4.2. Análisis de la mantenibilidad actual	82
4.5. Hoja de trabajo de información	86
4.6. Hoja de decisiones	88
4.7. Hoja de información del Número de Prioridad de Riesgo	90
4.8. Cálculo de la disponibilidad final	92

4.8.1. Análisis de la confiabilidad final.....	93
4.8.2. Análisis de la mantenibilidad final.....	96
4.9. Comparación de disponibilidad inicial vs disponibilidad final	100
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADO.....	101
5.1. Resultados en tablas y gráficos.....	101
5.1.1. Hojas de trabajo de información.....	101
5.1.2. Hoja de decisiones.....	116
5.1.3. Hojas de información del Número de Prioridad de Riesgo	130
5.2. Inversión del MCC por año.....	146
5.3. Discusión de resultados	149
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	150
6.1. Conclusiones.....	150
6.2. Recomendaciones.....	151
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153
ANEXOS	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la Empresa.....	2
Figura 2: Frontis de Transportes Pakatnamu SAC	3
Figura 3: Línea de tiempo de evolución del mantenimiento.....	11
Figura 4: Concepto de disponibilidad	13
Figura 5: Pasos para aplicar MCC.....	16
Figura 6: Selección de sistema a Analizar	17
Figura 7: Comparativa referencial de criticidad de Tractocamiones de TP	18
Figura 8: Margen de deterioro	21
Figura 9: Ejemplo de fallas funcionales	22
Figura 10: Patrones de fallas.....	23
Figura 11: Curva de la bañera.....	24
Figura 12: Ejemplo de Modo de falla.	27
Figura 13: Esquema de consecuencias de modo de falla.....	29
Figura 14: Curva e Intervalo P – F.....	33
Figura 15: a) Densidad de probabilidad $f(t)$, b) Confiabilidad $R(t)$, c) Tasa de fallos de la distribución exponencial	36
Figura 16: Tiempo entre fallas y tiempos de reparación	41
Figura 17: Distribución de Weibull para distintos valores de β	45
Figura 18: Motor Mercedes Benz MBE 4000	56
Figura 19: Turbo brake de motor MBE4000	57
Figura 20: Bomba de Agua FTL	58
Figura 21: Radiador-Intercooler FTL	58
Figura 22: Embrague Eaton Fuller.....	59
Figura 23: Caja Eaton Fuller super 18	60
Figura 24: Diferencial Meritor Serie RT-46-164	61
Figura 25: Caja de dirección TRW800.....	62
Figura 26: Pines y bocinas FTL CL112.....	62
Figura 27: Bolsas de Aire FTL CL 112.....	63
Figura 28: Muelles FTL CL112	63
Figura 29: Amortiguadores FTL CL112	64
Figura 30: Zapatas –Tambores FTL CL 112.....	64
Figura 31: Tanques de aire, secador de aire FTL.....	65
Figura 32: Baterías 17 placas 900 CCA 12 V	65
Figura 33: Alternador DELCO REMY 24 SI 12V	66
Figura 34: Arrancador DELCO REMY 39 MT	66
Figura 35: FREIGHTLINER CL 112.....	67
Figura 36: Tornamesa marca Holland	67

Figura 37: Dimensiones Freightliner CL112	68
Figura 38: Sistemas y componentes de tractocamiones FTL	76
Figura 39: Recta de regresión de confiabilidad inicial - bipamétrica	81
Figura 40: Recta de regresión para datos iniciales de confiabilidad	82
Figura 41: Recta de regresión de Mantenibilidad inicial - bipamétrica	84
Figura 42: Recta de regresión para datos iniciales de mantenibilidad	85
Figura 43: Ejemplo de hoja de trabajo de información MCC.....	87
Figura 44: Ejemplo de hoja de decisiones MCC - Embrague.....	89
Figura 45: Ejemplo de Hoja de información NPR – Embrague	91
Figura 46: Recta de regresión de confiabilidad final – bipamétrica	95
Figura 47: Recta de regresión para datos finales de confiabilidad.....	96
Figura 48: Recta de regresión de Mantenibilidad final – bipamétrica.....	98
Figura 49: Recta de regresión para datos finales de mantenibilidad.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Criterios NPR.....	52
Tabla N° 2: Criterios de severidad	53
Tabla N° 3: Criterios de ocurrencia.....	54
Tabla N° 4: Criterios de detección	55
Tabla N° 5: Registro de TBF y TTR iniciales.....	77
Tabla N° 6: Cálculo de los parámetros de Weibull para la Confiabilidad inicial	80
Tabla N° 7: Cálculo biparamétrico de confiabilidad inicial segun Ley de Weibull	81
Tabla N° 8: Cálculo de MTBF, confiabilidad, probilidad de fallo y tasa de fallo iniciales	82
Tabla N° 9: Cálculo de los parámetros de Weibull para la Mantenibilidad inicial.....	83
Tabla N° 10: Cálculo biparamétrico de Mantenibilidad inicial segun Ley de Weibull	84
Tabla N° 11: Cálculo de MTTR, mantenibilidad y tasa de reparación inicial.....	85
Tabla N° 12: Cálculo de la disponibilidad inicial	85
Tabla N° 13: Registro de TBF y TTR finales	92
Tabla N° 14: Cálculo de los parámetros de Weibull para la Confiabilidad Final	94
Tabla N° 15: Cálculo biparamétrico de confiabilidad final segun Ley de Weibull.....	95
Tabla N° 16: Cálculo de MTBF, confiabilidad, probilidad de fallo y tasa de fallo finales	96
Tabla N° 17: Cálculo de los parámetros de Weibull para la Mantenibilidad final.....	97
Tabla N° 18: Cálculo biparamétrico de Mantenibilidad final segun Ley de Weibull.....	98
Tabla N° 19: Cálculo de MTTR, mantenibilidad y tasa de reparación final	99
Tabla N° 20: Cálculo de la disponibilidad final	99
Tabla N° 21: Comparación de disponibilidad inicial y final	100
Tabla N° 22: Hoja de trabajo para motor MBE4000	101
Tabla N° 23: Hoja de trabajo para turbobreak.....	103
Tabla N° 24: Hoja de trabajo para Radiador-Intercooler	104
Tabla N° 25: Hoja de trabajo para Embrague	105
Tabla N° 26: Hoja de trabajo para Caja de Cambios.....	106
Tabla N° 27: Hoja de trabajo para Caja de dirección	107

Tabla N° 28: Hoja de trabajo para Pines-Bocinas	108
Tabla N° 29: Hoja de trabajo para Bolsas de Aire	109
Tabla N° 30: Hoja de trabajo para Muelles	110
Tabla N° 31: Hoja de trabajo para Amortiguadores.....	110
Tabla N° 32: Hoja de trabajo para Zapatas-Tambores.....	111
Tabla N° 33: Hoja de trabajo para Presión de Aire	112
Tabla N° 34: Hoja de trabajo para Tornamesa.....	113
Tabla N° 35: Hoja de trabajo para Arrancador	113
Tabla N° 36: Hoja de trabajo para Alternador	114
Tabla N° 37: Hoja de trabajo para Baterías.....	115
Tabla N° 38: Hoja de decisiones para Motor.....	116
Tabla N° 39: Hoja de decisiones para Turbobrake.....	118
Tabla N° 40: Hoja de decisiones para Embrague	119
Tabla N° 41: Hoja de decisiones para Caja de Cambios.....	120
Tabla N° 42: Hoja de decisiones para Diferenciales	121
Tabla N° 43: Hoja de decisiones para Caja de dirección	122
Tabla N° 44: Hoja de decisiones para Pines-Bocinas	123
Tabla N° 45: Hoja de decisiones para Bolsas de Aire	123
Tabla N° 46: Hoja de decisiones para Muelles	124
Tabla N° 47: Hoja de decisiones para Amortiguadores.....	125
Tabla N° 48: Hoja de decisiones para Zapatas-Tambores.....	125
Tabla N° 49: Hoja de decisiones para Valvulas y sensores	126
Tabla N° 50: Hoja de decisiones para Chasis-Carroceria	127
Tabla N° 51: Hoja de decisiones para Arrancador	127
Tabla N° 52: Hoja de decisiones para Alternador	128
Tabla N° 53: Hoja de decisiones para Baterías.....	129
Tabla N° 54: Hoja de Información NPR para Motor MBE 4000	130
Tabla N° 55: Hoja de Información NPR para Turbobreak	131
Tabla N° 56: Hoja de Información NPR para Radiador-Intercooler	133
Tabla N° 57: Hoja de Información NPR para Embrague	134
Tabla N° 58: Hoja de Información NPR para Caja de Cambios	135
Tabla N° 59: Hoja de Información NPR para Coronas o Diferenciales.....	136
Tabla N° 60: Hoja de Información NPR para Caja de dirección	137
Tabla N° 61: Hoja de Información NPR para Pines-Bocinas.....	138
Tabla N° 62: Hoja de Información NPR para Bolsas de Aire.....	139
Tabla N° 63: Hoja de Información NPR para Muelles	140
Tabla N° 64: Hoja de Información NPR para Amortiguadores.....	140
Tabla N° 65: Hoja de Información NPR para Zapatas-Tambores.....	141
Tabla N° 66: Hoja de Información NPR para Presión de aire.....	142
Tabla N° 67: Hoja de Información NPR para Tornamesa.....	143
Tabla N° 68: Hoja de Información NPR para Arrancador	143
Tabla N° 69: Hoja de Información NPR para Alternador	144
Tabla N° 70: Hoja de Información NPR para Baterías	145
Tabla N° 71: Descripción y costo de reparación por falla.....	146
Tabla N° 72: Costo del MCC por año.....	148
Tabla N° 73: Costo Beneficio de tractocamión FTL antes MCC.....	148
Tabla N° 74: Costo Beneficio de tractocamión FTL después MCC	148

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) es una metodología para elaborar un plan de mantenimiento en un activo físico como en una maquina o instalación. Este plan de mantenimiento es producto del profundo análisis que se debe efectuar en la maquina o instalación. Teniendo como objetivo principal aumentar la confiabilidad y mantenibilidad; es decir, disminuir el tiempo de paradas imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción, para poder llegar a obtener alta disponibilidad; es decir, aumentar la proporción del tiempo que la instalación o maquina está en disposición para producir que es lo primordial en todas las empresas.

En la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C, es empresa de transportes a nivel nacional que cuenta con 60 tractocamiones. En la actualidad presenta problemas financieros debido a la baja producción, ocasionado por la poca disponibilidad de los tractocamiones.

En el presente trabajo de investigación se aplicara el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC), como metodología teniendo como objetivo principal lograr la mayor disponibilidad de tractocamiones freightliner. Por tan motivo nos preguntamos ¿El mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) influye en la disponibilidad de los Tractocamiones Freightliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C?

En el desarrollo de la metodología, en primera instancia describió los modos de fallas de los tractocamiones, teniendo como referencia datos tiempos entre las fallas (TBF) y tiempos de las reparaciones (TTR), siguiendo el procedimiento establecido en la norma SAE JA 1011 y SAE JA 1012, consistiendo en responder siete preguntas en forma ordenada ayudando a enfocar y analizar de otra manera el mantenimiento.

En la aplicación del MCC es realizar un Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), dando prioridad según criticidad y consecuencia que puede provocar la falla, para esto determinamos antes y después de aplicar la metodología el Número de Prioridad de Riesgos (NPR), teniendo como objetivo proponer tareas que ayuden a evitar los modos de fallas, representadas en una hoja de decisiones.

Luego de aplicar las medidas mencionadas determinaremos los costos de mantenimientos y lo principal que es la disponibilidad actual.

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

En estas épocas, el servicio de transportes de carga pesada está muy competitivo, con fletes ajustados y clientes exigentes. Obligando a las empresas a tomar decisiones de mejora en sus sistemas, procesos y metodología para poder llegar a mantenerse en el mercado.

La empresa de Transportes Pakatnamu S.A.C, es una de las pocas empresas realizan el servicio de transportes de hasta 37 Toneladas; sin embargo actualmente tienen problemas económicos siendo una de las principales causas la falta de disponibilidad de Tractocamiones Freightliner.

En el presente, en esta empresa el mayor porcentaje son de mantenimientos correctivos, es decir solo actuar cuando se presenta una falla y cuentan con mantenimiento preventivo no definido que no está dando resultados, reflejado en las diversas fallas de los Tractocamiones Freightliner.

1.2. Formulación del Problema

¿El mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) influye en la disponibilidad de los Tractocamiones Freightliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C?

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1. Ubicación geográfica

La empresa TRANSPORTES PAKATANAMU S.A.C. se encuentra ubicada en la carretera Lambayeque Km 4.5 Mz. A Lt 6, dentro del área geográfica- política del:

Distrito: Lambayeque

Provincia: Lambayeque

Departamento: Lambayeque.



Figura 1: Ubicación de la Empresa

Fuente: Google Maps



Figura 2: Frontis de Transportes Pakatnamu SAC

Fuente: Elaboración propia

1.3.2. Recorrido geográfico

La Tractocamiones Freightliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C. ofrecen el servicio de transporte a nivel Nacional, circulan por toda la costa, sierra y selva del Perú. Teniendo como base principal de monitoreo de en Lambayeque.

1.3.3. Duración

La investigación se comenzó el mes de Mayo y culminara el mes de Noviembre del 2019.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

Aplicar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) en los Tractocamiones Freightliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C, para lograr

incrementar la disponibilidad de estas unidades. Teniendo como beneficio mayor productividad, mejoras operacionales, en calidad de servicio y de seguridad de la empresa; aumentar la vida útil, disminuir gastos de mantenimiento y paradas no programados por mantenimiento de los Tracto camiones Freightliner.

1.5. Limitaciones de la investigación

Se identificó las siguientes limitaciones:

1. En este proyecto los resultados son para Tractocamiones freightliner, lo cual limita los resultados de esta investigación para otras marcas.
2. No cuenta con una metodología de mantenimiento que logré la alta disponibilidad de tractocamiones Freightliner, influyendo de manera negativa a la producción.
3. Se tienen datos históricos, pero carecen formatos y registros, dificultan saber el estado actual de los tractocamiones Freightliner.
4. La falta de capacitación del personal técnico, repercute en la ineficiencia de los trabajos realizados a los Tractocamiones Freightliner.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

Proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para los Tractocamiones Freighliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C.

1.6.2. Objetivos específicos

- 1) Determinar la disponibilidad antes y después de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) en los Tractocamiones Freighliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C
- 2) Determinar la confiabilidad y mantenibilidad antes y después de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) en los Tractocamiones Freighliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C
- 3) Identificar las fallas, efectos y causas de los modos de fallas de los diversos sistemas de los Tractocamiones Freighliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C
- 4) Determinar el Índice de Riesgo o NPR de los modos de fallas antes y después de aplicar el MCC en los Tractocamiones Freighliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C
- 5) Realizar la hoja de decisiones según la consecuencia de los modos de fallas, para determinar el accionar a seguir.
- 6) Determinar los costos de mantenimiento después de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) en los Tractocamiones Freighliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

2.1. Antecedentes del estudio

- **Moreno (2009)** en su tesis de grado titulada “Diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tracto camiones con base a los requerimientos en su contexto operacional” afirma:

Diseñar un plan de mantenimiento de una flota de tracto camiones en base a los requerimientos en su contexto operacional, haciendo uso de diagnóstico, análisis de criticidad, análisis FMEA y el rediseño de plan de mantenimiento para una flota de tractocamiones, concluyendo justamente que la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC o RCM) aplicaba a ésta (conformada por camiones Freightliner) y que por medio del Análisis de Modos y Efectos de Fallas (F.M.E.A.), se identificó cada una de las funciones de los sistemas con sus correspondientes fallas de función, modos de fallas y efecto de falla, permitiendo posteriormente el análisis de las consecuencias de las fallas y la selección de las tareas de mantenimiento. Con este antecedente se puede modelar la metodología a seguir en esta flota con las condiciones de trabajo en Perú y para la marca de tracto camiones a evaluar.

- **David (2015)** en su tesis de maestría titulada “Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) al sistema de izaje mineral, de la compañía minera Milpo, unidad “El Porvenir” realizó:

El plan de mantenimiento basado en la confianza aplicando la metodología del RCM empleándose herramientas como la metodología de análisis de modos de falla, efectos y criticidad (FMECA o AMFEC) con el objetivo de identificar los modos de falla que representan un mayor riesgo, para posteriormente seleccionar la mejor tarea de

mantenimiento, ya sea preventiva, predictiva, correctiva o en su caso rediseño de sistemas. Con esto se logró mejorar los intervalos de mantenimiento programado.

- **Yupanqui (2016)** en su tesis de grado titulada “Propuesta de implementación de mejoras en el plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para tractocamiones international workstar 7600” nos dice:

Con el objetivo de identificar y mostrar cuales son los tractocamiones que presentan mayor índice de paradas inesperadas en nuestro proceso operativo (recojo, carga y descarga y entrega de la carga) y determinar los tractocamiones más críticos, se elaboró el Diagrama de Pareto utilizando como patrón de análisis la cantidad de auxilios mecánicos realizados en un período determinado. Seguidamente se seleccionó los cinco sistemas de funcionamiento más críticos en base a una matriz de criticidad, para ellos, se desarrolló la metodología FMEA (Análisis Modal de Fallas y Efectos) a fin de identificar los modos de falla más recurrentes, y para evitarlos o minimizarlos, se propuso mejoras para el plan de mantenimiento en base a la metodología RCM.

- **Amaya (2013)** en su tesis de grado titulada “Disponibilidad de las grúas auto - propulsadas sobre camión con giro parcial en función del sistema hidráulico basado en el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) de empresa Ingesa Norte” propone:

Determinar la disponibilidad de las grúas auto – propulsadas con giro parcial de la empresa INGESA NORTE al aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC). Determinando la mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad actual haciendo uso de la ley de Weibull y tomando como base de datos los tiempos entre las fallas (TBF) y las reparaciones (TTR) del historial de las grúas. En otras palabras, conocer

en qué estado se encuentran operando las grúas auto– propulsadas con giro parcial de la empresa INGESA NORTE; luego se aplicó la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) respondiendo a las siete preguntas que propone la norma SAE JA1011 para el desarrollo de esta metodología.

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema de investigación

2.2.1. Definición del Mantenimiento

Podemos definir el mantenimiento como el conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados (Cuartas 2008).

Estas mismas generando confiabilidad en los equipos, maquinas e instalaciones, permitiendo eliminar condiciones inseguras.

“Aquel que permite alcanzar una reducción de los costos totales y mejora la efectividad de los equipos y sistemas” (Anzola 1992)

2.2.2. Objetivos de Mantenimiento

Los objetivos de mantenimiento son los siguientes:

- 1) El adecuado mantenimiento tiende a prolongar la vida útil del equipo o máquina, obteniendo mayor rendimiento, evitando fallas y disminuir paradas no programadas.
- 2) Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar
- 3) Bajar costos de mantenimiento
- 4) Evitar incidentes, accidentes y aumentar la seguridad de las personas.

2.2.3. Evolución del Mantenimiento

Desde tiempos remotos el mantenimiento ha cambiado encontrando nuevas metodologías de mejora con el pasar el tiempo.

2.2.3.1. Primera Generación

Se extiende hasta la segunda guerra Mundial. En estas épocas la industria no estaba altamente mecanizada, es decir primaba la mano de obra humana, por lo que la parada de una máquina no era de importancia.

Conllevando a que no era prioridad prevenir fallas, dicho de otra manera lo reparaban cuando se malograba (Mantenimiento correctivo). A su vez eran equipos simples y sobredimensionados, esto los hacía confiables y fáciles de reparar. Muchas veces el mismo operador era quien los reparaba. Como consecuencia no había necesidad de implantar un sistema de mantenimiento más allá de una simple rutina de limpieza, servicio y lubricación.

2.2.3.2. Segunda Generación

En 1960, producto de la segunda guerra mundial todo cambió drásticamente, la mano de obra humana se fue perdiendo. Eso llevó al aumento en la mecanización, a su vez aumentó la cantidad y complejidad de las máquinas y la industria empezó a depender de ellas. Dada esta situación el centro de atención era el tiempo de para de una máquina, surgiendo la idea que las fallas deben ser prevenidas (Mantenimiento preventivo).

Por otro lado los costos de mantenimientos comenzaron a dispararse rápidamente en relación a costos operacionales, sin embargo el crecimiento de sistemas de

planeamiento y control de mantenimiento era necesario. Puesto en práctica minimizo estos sobrecostos y maximizo la vida útil de activos/bienes.

2.2.3.3. Tercera generación

El crecimiento en la mecanización y automatización han adquirido más impulso, ya que el tiempo de parada de una máquina afecta a capacidad de producción aumentando costos operacionales e interfiere con el servicio al cliente, por tal motivo han tomado a la confiabilidad (MCC) y a la disponibilidad en factores claves en diversos sectores como en el cuidado en la salud y el medio ambiente, el procesamientos de datos por ordenador.

Apareciendo la gestión de mantenimiento asistida por ordenador (GMAO), mantenimiento predictivo y estudios de riesgos.

2.2.3.4. Cuarta generación

Las empresas empezaron a utilizar la tercerización como una opción de mejora, haciendo que una empresa especializada se haga cargo de la optimización de procesos con el fin de tener eficiencia, rentabilidad, calidad en los resultados. Aplicando gestión de riesgos, FMEA, FMECA (Modos de fallo y causas de fallo), sistema de mejora continua, mantenimiento proactivo, logrando que los responsables de mantenimiento tengan claro la responsabilidad que asumían de acuerdo a las normas legales.

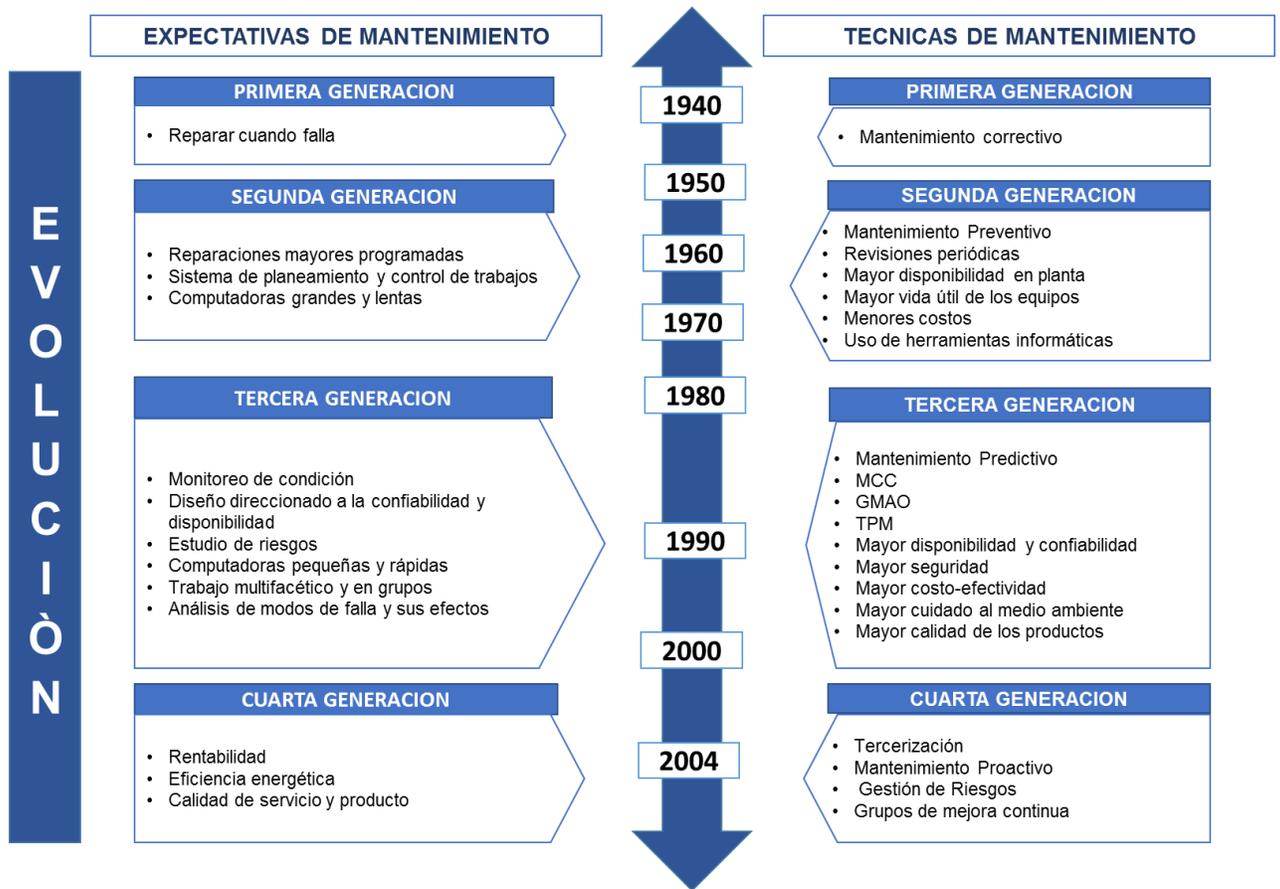


Figura 3: Línea de tiempo de evolución del mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

2.3. Tipos de Mantenimiento

Entre los más importantes tenemos

2.3.1. Mantenimiento Correctivo

Se corrige la falla cuando aparece, queriendo lograrlo en el menor tiempo posible y aun bajo costo.

La principal desventaja es que no nos permite identificar otras fallas potenciales, dando lugar a corregir solo fallas primarias debido al tiempo que se dispone. Es el

principal mantenimiento que afecta a producción, que se muestra como fallas no programadas. (Cuarta Pérez, 2008)

2.3.2. Mantenimiento Preventivo

Está conformado por inspecciones periódicas o sistemáticas sobre los equipos debido a la diferencia de desgaste entre cada una de sus partes o componentes. Está basado en prevenir una falla aplicando un programa de mantenimiento con el fin de anticiparse a la posible falla y tener la logística necesaria para levantar las observaciones. (Cuarta Pérez, 2008)

2.3.3. Mantenimiento Predictivo

Está destinado al uso de mediciones o ensayos no destructivo con equipos especiales y calibrados, a las partes del equipo más susceptibles al desgaste, de tal manera que se anticipe a la falla, pudiendo reparar esta sin necesidad de parar la producción. (Cuarta Pérez, 2008).

2.4. Definición de CDMS

2.4.1. Confiabilidad

Capacidad de funcionar cuando sea solicitado, sin fallas, por un intervalo de tiempo, y bajo las condiciones de operación dadas. Otra definición algo más elaborada sería probabilidad para desempeñar la función requerida o solicitada bajo condiciones establecidas por un periodo de tiempo específico.

2.4.2. Disponibilidad

Capacidad de estar en un estado para funcionar cuando sea solicitado. Depende de cuán frecuente se produce las fallas en determinado tiempo y condiciones (confiabilidad) y cuánto tiempo se requiere para corregir la falla (mantenibilidad)



Figura 4: Concepto de disponibilidad

Fuente: Elaboración propia

2.4.3. Mantenibilidad

Capacidad de retener o de devolver a un estado de operación cuando sea requerido bajo una condiciones de uso y mantenimiento, otra definición por Department of defense. United States of America, 2005, la cual dice que “es la capacidad de reparar o restaurar baja condiciones específicas de mantenimiento.

2.4.4. Seguridad

Evitar afectación a las personas y al medio ambiente

2.5. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)

2.5.1. Definición

Es una metodología sistemática para diseñar planes que eleven la confiabilidad operacional de los equipos con un mínimo de costo y riesgo, mediante acciones justificadas de manera técnica y económica. Una definición más amplia de MCC podría ser “un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que en un elemento físico continúe desempeñado las funciones deseadas en su contexto operacional presente”.(John Moubray,1986)

2.5.2. Objetivo

El objetivo principal del MCC es que los activos continúen realizando las funciones para los que fueron diseñados

2.5.3. Metodología del MCC

Se encuentra estandarizada por las normativa SAE JA 1011, “Criterios de Evaluación del Proceso de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad” y SAE JA 1012 “Una Guía para el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”. El proceso de MCC debe responder las 7 siguientes preguntas:

- 1).Cuáles son las funciones deseadas y los estándares de desempeño asociados del activo en su contexto operacional presente (funciones)?
- 2) ¿De qué maneras puede fallar al cumplir sus funciones (fallas funcionales)?
- 3) ¿Qué causa cada falla funcional (modos de falla)?
- 4) ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional (efectos de falla)?
- 5) ¿De qué manera afecta cada falla (consecuencias de falla)?

6) ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas e intervalos de tareas)?

7) ¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva que conviene no está disponible (acciones predeterminadas: Que debe hacerse si no se puede predecir ni prevenir una falla)?

Para responder cada una de las preguntas anteriores

“satisfactoriamente”, se debe recolectar toda la información requerida, y se deben tomar decisiones. Toda la información y decisiones deben ser documentadas de manera que estén totalmente disponibles para el dueño o usuario y sean aceptables para los mismos.

2.5.4. Pasos para MCC

Aunque el RCM tiene mucha variación en su aplicación, la mayoría de los procedimientos incluyen algunos o todos de los siguientes nueve pasos: (Magazine 2014)

1. Selección del sistema y captura de información.
2. Definición de los límites del sistema.
3. Descripción del sistema
4. Descripción de las funciones del sistema y fallas funcionales.
5. Análisis de modos y efectos de fallas (FMEA).
6. Selección de tareas de mantenimiento. Programa de tareas
7. Implementación y agrupamiento de tareas.
8. Hacer que el programa sea un programa vivo – mejoras continuas.

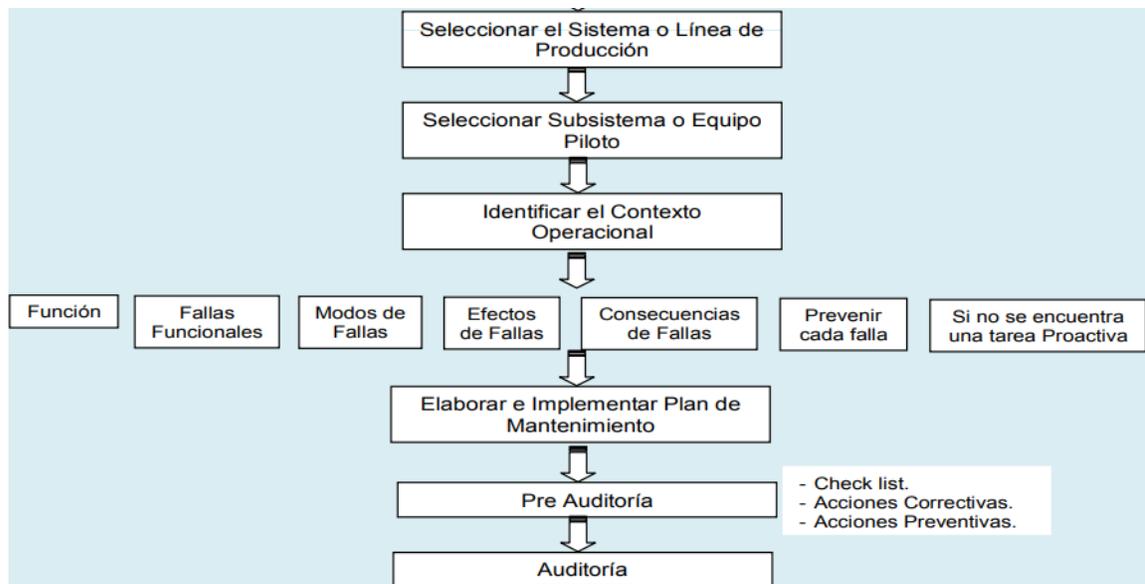


Figura 5: Pasos para aplicar MCC

Fuente: Campos, 2005

2.5.5. Selección de Sistema a Analizar

Es necesario que se haga una selección de los sistemas que se van a analizar mediante esta metodología. Para esta selección, la organización debe dividir los activos fijos en sistemas desde lo más general hasta lo más específico, como se muestra en la figura 6.

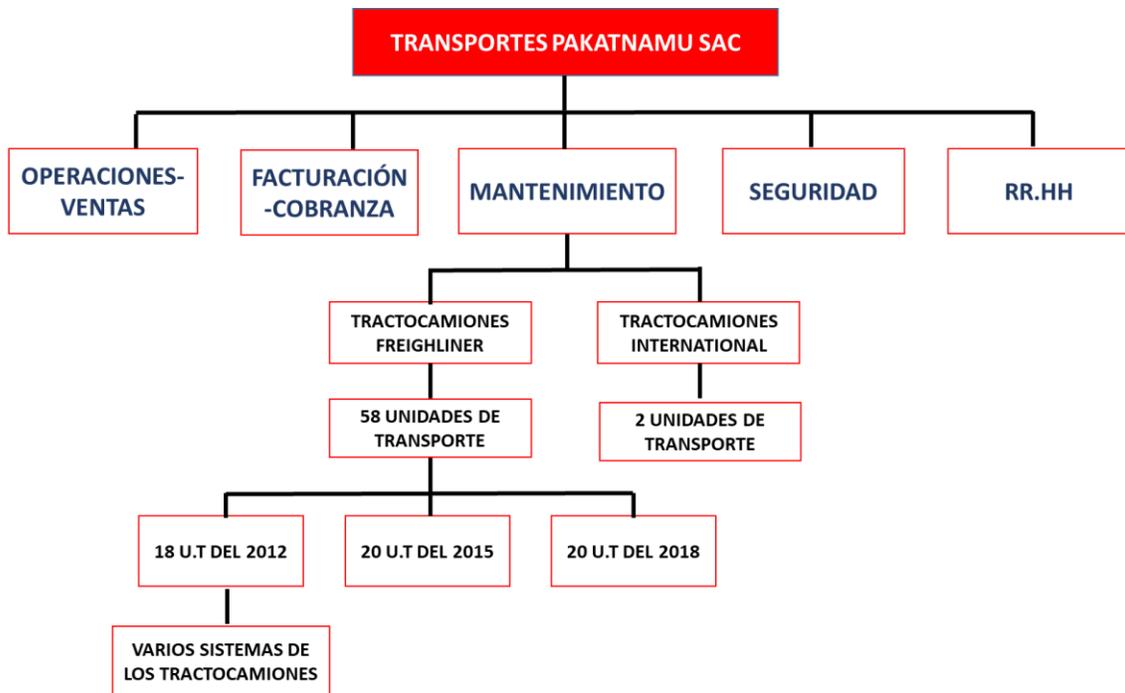


Figura 6: Selección de sistema a Analizar

Fuente: Elaboración propia

Luego se debe evaluar la criticidad de cada uno de los sistemas para el negocio, de manera que se analicen prioritariamente los sistemas que perjudiquen más a la organización. Los criterios que se deberían considerar son los siguientes:

- 1).Tiempo de duración de fallas.
- 2).Frecuencia de ocurrencia de fallas.
- 3).Afectación a la seguridad y el medio ambiente.
- 4).Afectación a la calidad del producto.
- 5).Costos de mantenimiento.

Se debería realizar una tabla comparativa donde se evalúe cuantitativamente la incidencia de cada uno de estas variables en cada sistema. Se utiliza la tabla 1 para establecer los equipos críticos que serán analizados bajo la metodología de RCM.

Sistemas	Tiempo Indisponible	Frecuencia de Fallas	Afectacion a seguridad y medio ambiente	Afectacion a la calidad	Costos
UT 2012	8	8	6	7	9
UT 2015	3	4	6	5	6
UT 2018	2	2	6	4	4

Figura 7: Comparativa referencial de criticidad de Tractocamiones de TP

Fuente: Elaboración propia

2.5.6. Contexto operacional

Se debe tomar en cuenta los factores que influyen sobre el mantenimiento de ello, tales como:

- 1). Factores climáticos (cambios excesivos o constantes)
- 2). Normas y Reglamentaciones especiales (específicas y legales)
- 3). Tipo de proceso (continuo 24hs / por lotes, etc.)
- 4). Redundancia (o formas alternativas de producción)
- 5). Estándares de Calidad.- (dan específicas condiciones a la operación.)
- 6). Estándares Medio Ambientales (impacto en el medio ambiente)
- 7). Riesgos a la Seguridad (razones de cuidados)

A partir del contexto operacional, se debe determinar las funciones que el usuario desea que un sistema realice.

2.5.7. Funciones

Las acciones que el usuario requiere que el activo realiza. Las funciones se componen mayormente de un sustantivo, un verbo y un Estándar de funcionamiento.

Por ejemplo:

Detener la bomba a 300 psi.

Verbo + Sustantivo + Estándar de funcionamiento

2.5.7.1. Tipos de Funciones

Las funciones principales se encuentran relacionadas con las razones por las cuales se ha adquirido un activo, entre estas se encuentran la capacidad de producción, calidad del producto, capacidad de almacenamiento, entre otras.

Por ejemplo, la función primaria de la bomba en la figura adjunta podría ser enunciada así:

Bombear agua del tanque X al tanque Y a no menos de 800 litros por minuto.

Las funciones secundarias son aquellas características adicionales que permite al sistema cumplir con las funciones principales, están relacionadas con la seguridad, el confort, el control, contención, integridad estructural, apariencia del activo, entre otras.

Ejemplo: Si la conexión de tuberías de agua de la bomba están herméticas y conexiones eléctricas para el funcionamiento de la bomba están completamente aisladas

2.5.7.2. Estándares de funcionamiento

El objetivo del mantenimiento es asegurarse que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga. La magnitud de aquello que los usuarios quieren que el activo haga puede definirse a través de un estándar mínimo de funcionamiento. Si pudiéramos construir un activo físico capaz de rendir según este funcionamiento mínimo sin deteriorarse en ningún modo, ese sería el fin de la cuestión. La máquina funcionaría continuamente sin necesidad de mantenimiento. Sin embargo el mundo real no es tan simple.

Las leyes de la física nos dicen que cualquier sistema organizado que es; expuesto al mundo real se deteriorará. El resultado final de este deterioro es la desorganización total (también conocido como 'caos' o 'entropía'), a menos que se tornen acciones para frenar el proceso que esté causando el deterioro del sistema

Entonces si el deterioro es inevitable, debe ser tolerable. Esto significa que cuando el activo físico es puesto en funcionamiento debe ser capaz de rendir más que el estándar mínimo de funcionamiento deseado por el usuario. Lo que el activo físico capaz de rendir es conocido como capacidad inicial. En la figura 7 muestra la relación correcta entre esta capacidad y el funcionamiento deseado. (Moubray, 1991)

Esto significa que el funcionamiento puede ser definido de las siguientes de dos maneras

- 1). Funcionamiento deseado (lo que el usuario quiere que haga): Desempeño
- 2). Capacidad propia (lo que puede hacer)



Figura 8: Margen de deterioro

Fuente: Moubray, 1991

2.5.8. Fallas funcionales

Un activo no pueda desempeñarse conforme a los parámetros requeridos por sus usuarios es alguna clase de falla.

En el mundo del MCC, los estados de falla son conocidos como fallas funcionales porque ocurren cuando el activo no puede cumplir con su función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable. (Moubray, 1991).

Ejemplo:

Como se muestra en la Figura 9



HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN RCM II		SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	
1	Bombear agua del tanque A al tanque B a no menos de 800 lt/min.	A	No bombea nada de agua
		B	Bombea menos de 800 lt/min.
2	No contaminar el medio ambiente con aceite lubricante.	A	Derrama aceite en el piso contaminando el medio ambiente.
3	Controles accesibles que permitan observar el funcionamiento.	A	Ubicación de controles no permiten observar funcionamiento de la bomba.

Figura 9: Ejemplo de fallas funcionales

Fuente: Campos José, 2005

2.5.9. Fallas Ocultas

Los equipos suelen tener dispositivos de protección, es decir, dispositivos cuya función principal es la de reducir las consecuencias de otras fallas (fusibles, detectores de humo, dispositivos de detención por sobre velocidad, temperatura, presión, etc.).

Muchos de estos dispositivos tienen la particularidad de que pueden estar en estado de falla durante mucho tiempo sin que nadie ni nada ponga en evidencia que la falla ha ocurrido.

Por ejemplo, un extintor contra incendios puede ser hoy incapaz de apagar un incendio, y esto puede pasar totalmente desapercibido (si no ocurre el incendio).

2.5.10. Patrones de fallas

Al considerar las causas de las fallas se debe considerar los patrones relacionados con la edad, aleatoriedad y mortalidad infantil. Estas relaciones se describen en 6 tipos de patrones de falla

Los primeros tres patrones de falla corresponden a elementos simples o equipos complejos que están en contacto directo con el producto. Estos patrones de falla se asocian con la fatiga, la corrosión, evaporación y abrasión.

Los últimos tres patrones de falla corresponden a equipos complejos de electrónica, hidráulica y neumática. Estos patrones de falla se asocian a fallas aleatorias, donde no se conoce un periodo de vida útil de los componentes.

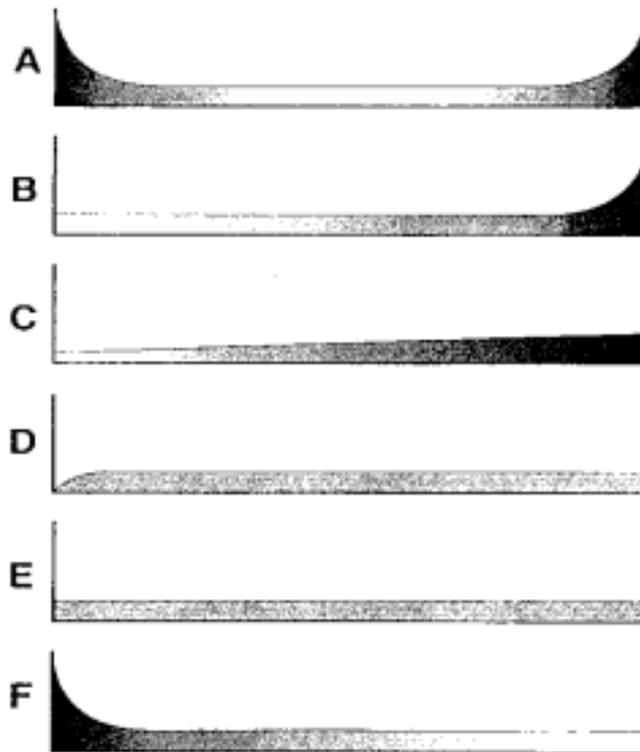


Figura 10: *Patrones de fallas*

Fuente: Moubray, 1991

2.5.9.1. Curva A - La curva de la bañera

Alta mortalidad infantil, seguida de un bajo nivel de fallas aleatorias, terminado en una zona de desgaste. Sólo un 4 % de las fallas siguen esta curva. Coincide con equipos mecánicos históricos.

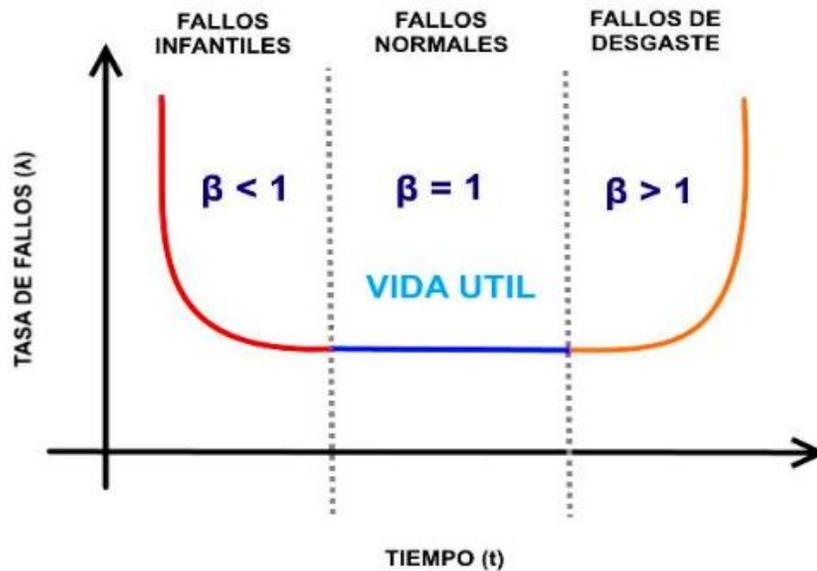


Figura 11: Curva de la bañera

Fuente: Amaya, 2017

A. Fallas infantiles ($\beta < 0$)

Esta etapa da inicio después de la instalación del equipo, y corresponde en la mayoría de veces a elementos defectuosos con una elevada tasa de fallas que desciende rápidamente con el tiempo. Estas fallas pueden deberse a diferentes razones como:

- a) Diseño incorrecto
- b) Instalaciones incorrectas

c) Control de calidad deficiente d) Errores de diseño del equipo

e) Desconocimiento del equipo por parte de los operarios f)

Desconocimiento del procedimiento adecuado.

B. Fallas normales o etapa de vida útil ($\beta = 1$).

En esta etapa de operación normal o fallas aleatorias la tasa de errores es menor. Las fallas no se producen debido a causas inherentes al equipo, sino por causas aleatorias externas.

Estas causas pueden ser:

a) Errores de mantenimiento b) Accidentes fortuitos.

c) Fallas debido a la naturaleza, rayos. d) Mala operación.

e) Condiciones inadecuadas.

C. Fallas por desgaste ($\beta > 1$).

Las fallas por desgaste o envejecimiento se deben a la superación de la vida prevista del activo y está caracterizada por tener una tasa de errores creciente. Las fallas se producen por desgaste natural del equipo debido al transcurso del tiempo.

En esta etapa podemos detectar dos tipos de deterioros:

D. Deterioro temprano ($1 < \beta < 4$)

En esta etapa el activo presenta muchas fallas de modo mecánicas como:

a) Corrosión b) Erosión

c) Fenómeno de fatiga

E. Deterioro rápido por edad de uso ($\beta > 4$)

Típicos modos de falla con edades muy viejas y rápidas de salida de funcionamiento por uso, también incluye:

- a) Corrosión por estrés
- b) Propiedades de los materiales
- c) Formas de erosión

2.5.9.2. Curva B - El tradicional punto de vista

Pocas fallas aleatorias, sólo un 2 % de los fallas siguen esta curva. Coincide con activos o sistemas sometidos a fatiga y no diseñados para una “vida eterna” como por ejemplo sistemas electrónicos discretos.

2.5.9.3. Curva C - Un constante incremento en la probabilidad de falla

Sólo un 5 % de las fallas siguen esta curva. Coincide con equipos o sistemas sometidos a corrosión.

2.5.9.4. Curva D - Un rápido incremento en la probabilidad de falla

Seguido de un comportamiento aleatorio. Sólo un 7 % de las fallas siguen esta curva. Coincide con equipos electrónicos digitales.

2.5.9.5. Curva E - Fallas aleatorias

No hay relación entre la edad funcional de los equipos y la probabilidad de que fallen. Sólo un 14 % de las fallas siguen esta curva. Coincide con fallas en rodamientos bien diseñados.

2.5.9.6. Curva F - Alta mortalidad infantil

Seguida de un comportamiento aleatorio de la probabilidad de fallas. El 68 % de las fallas siguen esta curva. Coincide con fallas en equipos o sistemas hidráulicos y neumáticos de diseño actual. (Romero López, 2012).

2.5.11. Modos de fallas

Son los eventos que pueden causar una pérdida de función o una falla funcional. Los modos de falla deben ser determinados bajo los siguientes factores

- Deben ser razonablemente probables de ocurrir.
- Deben incluirse los modos de falla que han ocurrido previamente, los que son prevenidos con el plan de mantenimiento actual y los que no han ocurrido pero son razonablemente probables de ocurrir.
- Se debe incluir los modos de falla relacionados con el desgaste, defectos de diseño y errores humanos durante la operación y mantenimiento.

Ejemplo:

Como se muestra en la imagen 9.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN RCM II		SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA			
		Subsistema: Bomba de elevación			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	
1	Bombear agua del tanque A al tanque B a no menos de 800 lt/min.	A	No bombea nada de agua	1 2 3 4 5	Rodamientos atascados. Impeler golpeado por objeto. Motor quemado. Acoples rotos por fatiga. Válvula de entrada cerrada.
		B	Bombee menos de 800 lt/min.	1 2	Impulsor gastado. Línea de succión parcialmente bloqueada.

Figura 12: Ejemplo de Modo de falla.

Fuente: Campos José, 2005

2.5.12. Efectos de Falla

El siguiente paso en el MCC, consiste en hacer un listado de los efectos de falla, que describen lo que ocurre con cada modo de falla. Indicando que ocurriría si pasaría cada modo de falla.

- 1). Qué evidencia existe (si la hay) de que la falla ha ocurrido.
- 2). De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente. (Si la presenta)
- 3). De qué manera afecta a la producción u operaciones (Si las afecta)
- 3). Qué daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla.
- 4). Qué debe hacerse para reparar la falla.

El proceso de identificar funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla trae asombrosas y muchas veces apasionadas oportunidades de mejora el rendimiento y la seguridad, así como también de eliminar el desperdicio. (Moubray, 1991).

2.5.13. Consecuencias de las fallas

El punto fuerte de MCC es reconocer las consecuencias de las fallas son más importantes que sus características técnicas. De hecho reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento no es evitar las fallas sino evitar las consecuencias de las fallas.

2.5.13.1. Consecuencias de fallas ocultas:

Las fallas ocultas no tienen impacto directo, pero repercuten al sistema en fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas.

2.5.13.2. Consecuencias ambientales y para la seguridad:

Son las que producen muerte o daño a alguna persona y si infringe alguna normativa o reglamento ambiental regional, nacional o internacional.

2.5.13.3. Consecuencias operacionales:

Afectan a la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente, o costos operacionales además del costo de reparación).

2.5.13.4. Consecuencias no operacionales:

Se refiere al costo directo de la reparación, no afectan a la seguridad ni la producción.

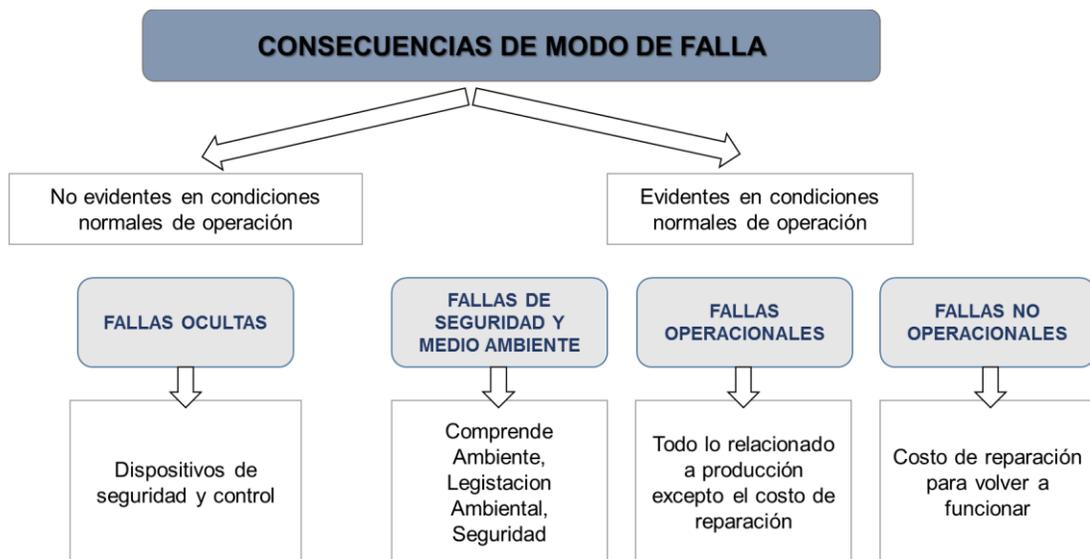


Figura 13: Esquema de consecuencias de modo de falla

Fuente: Elaboración propia

2.5.14. Tipos de tareas y mejoras en la instalación

2.5.14.1. Tarea a condición.

Este tipo de tarea se define en el monitoreo de condiciones físicas identificables que indican que una falla está por ocurrir o están en el proceso de ocurrir.

2.5.14.2. Tarea de reacondicionamiento cíclico.

Este tipo de tarea consiste en re-fabricar un componente o reparar un conjunto antes de un límite de edad específico sin importar su condición en ese momento

2.5.14.3. Tarea de sustitución cíclica.

Este tipo de tarea implica sustituir un componente antes de un límite de edad específico más allá de su condición en ese momento

2.5.14.4. Tarea de búsqueda de fallas.

Este tipo de tarea implica la revisión periódica de funciones ocultas para determinar si han fallado

2.5.14.5. Rediseño.

Este tipo de tarea implica hacer cambios una sola vez a las capacidades iniciales de un Sistema. Este incluye en cambios en la instalación y procedimientos.

2.5.14.6. Ningún mantenimiento programado.

Este tipo de tarea implica dejar que ocurra el modo de falla para luego realizar un mantenimiento correctivo.

2.5.14.7. Consulta al manual del equipo

La elaboración de un Plan de Mantenimiento no comienza con la consulta al manual elaborado por el fabricante del equipo, sino más bien acaba. El fabricante del equipo no suele ser un excelente mantenedor, por dos razones:

a) No está interesado en la desaparición total de los problemas. Diseñar un equipo con cero averías puede afectar su facturación.

b) No es un especialista en Mantenimiento, sino en diseño y montaje.

En algunos casos, el Plan de Mantenimiento no es completo, y no contiene multitud de tareas que evitarían problemas. Es el caso, por ejemplo, de los planes de mantenimiento de algunos automóviles: si se estudia el plan que propone el fabricante, es evidente que no se conseguirá disminuir las averías a cero, pues no contempla más que una serie de tareas muy sencillas de realizar.

En otros casos, el plan es tan exhaustivo que contempla la sustitución o revisión de un gran número de elementos que evidentemente no han llegado al máximo de su vida útil, con el consiguiente exceso en el gasto. Es el caso, por ejemplo, de la lista de tareas de mantenimiento que proponen determinados fabricantes de turbinas.

Es indudable que hay que contar con la experiencia del fabricante a la hora de elaborar el plan, pero no basar el Plan de Mantenimiento únicamente en sus recomendaciones. Las recomendaciones del fabricante pueden ser tenidas en cuenta en la última fase de la determinación de la lista de tareas, para ver si se ha olvidado algún punto importante que el fabricante sí considera necesario.

2.5.14.8. Aplicación de un diagrama de decisiones

Alrededor del mundo se utilizan muchos diagramas de decisiones diferentes, pero deben tener los mismos o ser lo más semejante a los principios que constituye la norma SAE JA1011.

En este trabajo de investigación se utilizará el diagrama de decisiones del **Anexo N°9**, la cual debemos entender algunas definiciones muy importantes que nos ayudará a determinar el tipo de consecuencia y además plantear de manera más precisa las tareas propuestas.

2.5.14.9. Intervalo P-F

También llamado periodo de advertencia, tiempo que lleva hasta la falla o periodo de desarrollo de la falla. Es el intervalo entre el momento en que ocurre una falla potencial y su decaimiento hasta convertirse en una falla funcional.

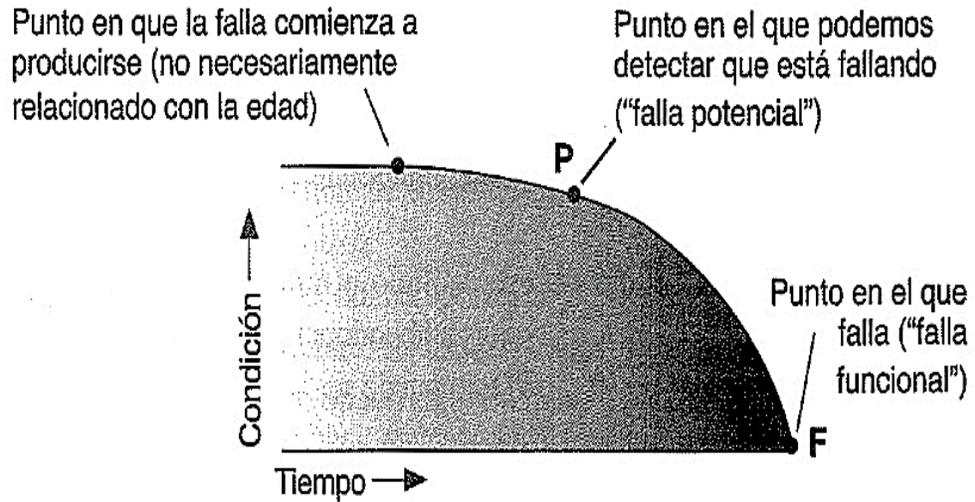


Figura 14: Curva e Intervalo P – F.

Fuente: Moubray 2004

2.5.15. Beneficios de la aplicación de MCC

1. **Mayor seguridad e integridad ambiental.** El proceso de RCM actúa para prevenir o eliminar riesgos ambientales y de seguridad.
2. **Mejor funcionamiento operacional.** El proceso de RCM actúa para mejorar la cantidad de producción, la calidad del producto y el servicio al cliente.
3. **Mayor costo-eficiencia del mantenimiento.** El proceso de RCM analiza cada uno de los eventos que causa la indisponibilidad de un sistema, de esta manera se evalúan las actividades que aseguren resultados sobre el mantenimiento de los equipos.
4. **Mayor vida útil de componentes costosos.**
5. **Mejor trabajo en equipo y mayor motivación del personal.** El proceso de RCM establece un solo lenguaje entre el área de producción y mantenimiento, estableciendo una mejor comunicación entre ambas partes.

Adicionalmente, el personal involucrado con el proceso se motiva debido a que adquiere un 'sentido de pertenencia' del proceso.

2.6. Distribuciones estadísticas aplicadas al mantenimiento

2.6.1. Ley Exponencial de Fallos.

Esta función es muy sencilla, se adapta muy bien a la zona central de la curva de la bañera en que la que la tasa de fallos es constante y aleatoria; esto implica que la unidad no presenta síntomas de envejecimiento durante el periodo modelado, o lo que es lo mismo, es igualmente probable que falle cuando está más nueva que cuando no lo está. Empleando esta distribución se considera que un elemento que aún no ha fallado es tan bueno como un componente nuevo.

Muestra la probabilidad de un número determinado de eventos en el intervalo de tiempo establecido.

La distribución exponencial aparece cuando la tasa de fallos es constante, es decir:

$$\lambda(t) = \lambda$$

La función de confiabilidad correspondiente es entonces:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad \text{(Ecu. 1)}$$

La función de distribución de probabilidad de fallo, por tanto:

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad \text{(Ecu. 2)}$$

Y la función de densidad $f(t)$:

$$f(t) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda t}, & x \geq 0 \\ 0, & \text{de otro modo} \end{cases} \quad \text{(Ecu. 3)}$$

El valor esperado y la varianza de una variable aleatoria X con distribución exponencial son:

$$E(x) = \frac{1}{\lambda}; V(x) = \sigma^2 = \frac{1}{\lambda^2},$$

$\lambda(t)$: Tasa de ocurrencia de fallos por unidad de tiempo.

σ^2 : Varianza.

$F(t)$: Función de distribución acumulada de fallas.

$f(t)$: Función de densidad de fallas.

$R(t)$: Función de confiabilidad

$E(x)$: Función de la media.

El modelo exponencial, con un solo parámetro, es el más simple de todos los modelos de distribución del tiempo de vida, la forma de sus principales ecuaciones quedan recogidas en la figura 15.

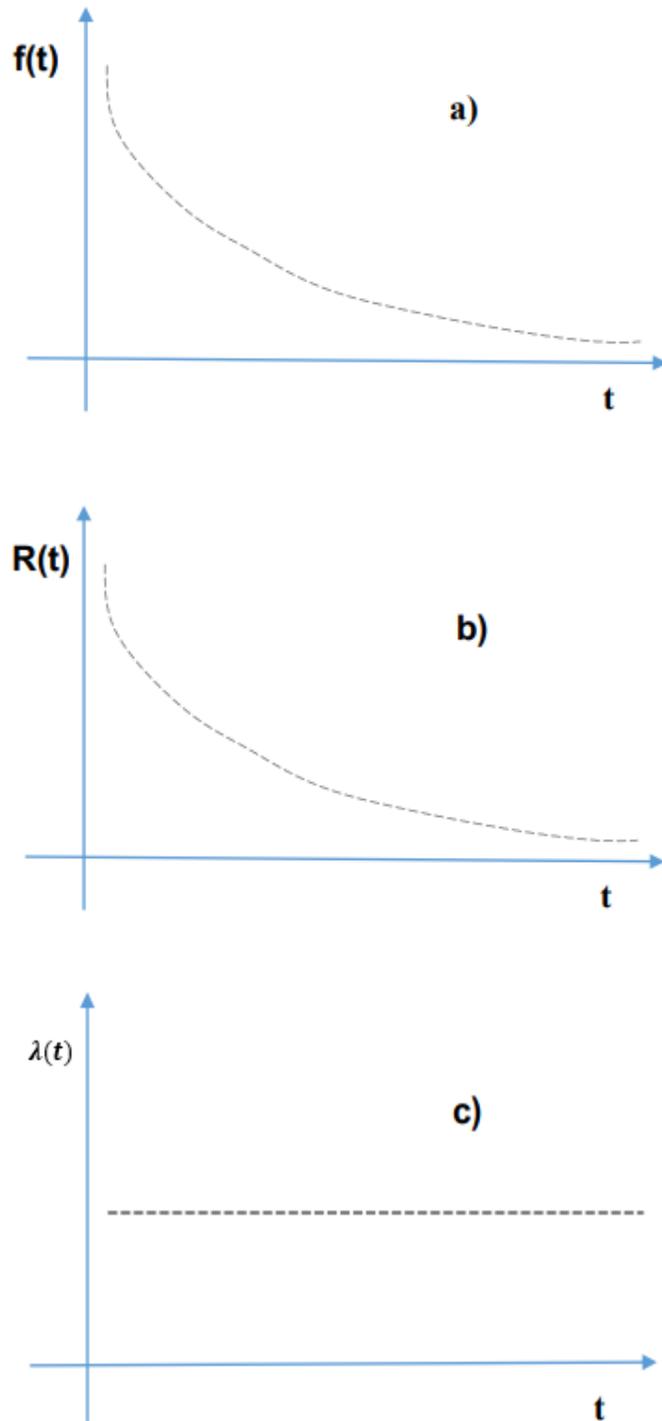


Figura 15: a) Densidad de probabilidad $f(t)$, b) Confiabilidad $R(t)$, c) Tasa de fallos de la distribución exponencial

Fuente: Elaboración propia

2.6.2. Distribución de Rayleigh

Es una función de distribución continua. Se suele presentar cuando un vector bidimensional tiene sus dos componentes, ortogonales, independientes y siguen una distribución normal. Su valor absoluto seguirá entonces en la distribución de Rayleigh.

$$f(x; \sigma) = \frac{x e^{\left(\frac{-x^2}{2\sigma^2}\right)}}{\sigma^2} \quad \text{(Ecu.4)}$$

$$E(x) = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}} \quad \text{(Ecu.5)}$$

σ^2 : Varianza

$E(x)$: Función de la media.

2.6.3. Distribución de Weibull

La distribución de Weibull es una distribución continua y triparamétrica; es decir, está completamente definida por tres parámetros y es más empleada en el campo de la confiabilidad. (López Eduardo, 2012)

Para moldear procesos estocásticos (conjunto de variables aleatorias que dependen de un parámetro o argumento) relacionados con el tiempo.

En diferentes aspectos técnicos está muy extendida utilización de la distribución de Weibull biparamétrica (β, η); debido a que, el tercer parámetro es de localización, es decir, el parámetro que localiza la abscisa a partir del cual se inicia la distribución. Trabajando de forma biparamétrica se asume un error, por eso en este estudio se explicará el cálculo de la distribución triparamétrica (β, η, γ).

Donde:

β : Parámetro de forma

η : Parámetro de escala

γ : Parámetro de localización

Ecuaciones representativas de la ley de Weibull:

$$f(x) = \left(\frac{\beta}{\eta}\right) \left(\frac{x-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \left(e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\eta}\right)^\beta}\right) \quad \text{(Ecu.6)}$$

$$F(x) = \left(1 - e^{\left(\frac{x-\gamma}{\eta}\right)^\beta}\right) \quad \text{(Ecu.7)}$$

$$E(x) = \gamma + \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad \text{(Ecu.8)}$$

$$\sigma^2 = \eta^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right] \quad \text{(Ecu.9)}$$

Donde:

σ^2 : Varianza.

$F(t)$: Función de distribución acumulada de fallas.

$f(t)$: Función de densidad de fallas.

$R(t)$: Función de confiabilidad

$E(x)$: Función de la media.

Γ : Función Gamma

2.6.4. ¿Por qué usamos Weibull?

En este trabajo de investigación nuestro objetivo principal es determinar si aplicando el MCC, influye en la DISPONIBILIDAD de los Tractocamiones Freighliner de la

empresa Transportes Pakatnamu S.A.C, es decir debemos calcular de alguna forma si la disponibilidad varia positivamente al aplicar el MCC; puesto que para determinar la disponibilidad debemos calcular la confiabilidad y mantenibilidad.

La confiabilidad, mantenibilidad y la disponibilidad son prácticamente las únicas medidas técnicas y científicas fundamentadas en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos que tiene el mantenimiento para su análisis y su evolución integral y específica. (Mora Gutiérrez 2009)

La confiabilidad de un equipo está relacionada con el tiempo de medio entre fallas (MTBF) y la mantenibilidad se mide a partir del tiempo empleado para la reparación de la falla (MTTF)

El uso de la distribución de Weibull en los estudios de confiabilidad de componentes debe principalmente a la gran diversidad de formas que este modelo puede tomar, dependiendo de los valores de los parámetros característicos. Esto nos permite usar el mismo modelo, independientemente de en qué forma varíe la tasa de fallos del componente estudiado, simplificando en gran medida la tarea de análisis de los resultados.

Esta ley analiza procesos estocásticos y parámetros de dependen de una parámetro que es el tiempo, es cual es un proceso estocásticos estacionario, ya que no sabemos en qué momento la unidad de transporte fallar pero si se puede estimar. Además la Distribución de Weibull analiza datos de la curva de la bañera, es decir trabaja en tres zonas (Rodaje o infancia, madurez o Vida útil, envejecimiento), en el desarrollo de la máquina.

Si no usamos este modelo, cualquier análisis de los resultados obtenidos durante el ensayo de los componentes implicaría necesariamente un estudio previo de los datos, para determinar cuál de los diferentes modelos existentes se asemeja más a los datos obtenidos. Esto conllevaría a mayor tiempo de análisis y una mayor probabilidad de error, debido a una mala elección del modelo implicaría dar un resultado erróneo. Al aplicar Weibull, el estudio previo de los datos se reduce únicamente a una inspección visual en busca de posibles datos anómalos que distorsionen los resultados.

2.6.5. Confiabilidad ($R(t)$)

Es representada por la letra R (Palabra inglesa Reliability), es la probabilidad que un activo o falle en el intervalo $(0, t)$, dado que era nuevo o como nuevo en el instante $t=0$.

Considerar N componentes supuestamente idénticos, todo nuevo o como nuevos en $t=0$. Sea $(N-n)$ el número de componentes que falla en $(0, t)$; por lo tanto:

$$R(t) = \frac{n(t)}{N} \quad (\text{Ecu.10})$$

Donde:

$R(t)$: Confiabilidad

$n(t)$: Función de los componentes que no han fallado

N : Número de componentes

2.6.5.1. Tiempo medio entre fallas

Una medida de la confiabilidad es el MTBF (Mean Time Between Failures o tiempo medio entre fallas).

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (\text{Ecu.11})$$

En la figura 15 se aprecia los distintos TBF (referencia al tiempo de funcionamiento de un activo) y los TTR (referencia al tiempo de parada por reparación).

Fuente: Pascual J. 2005

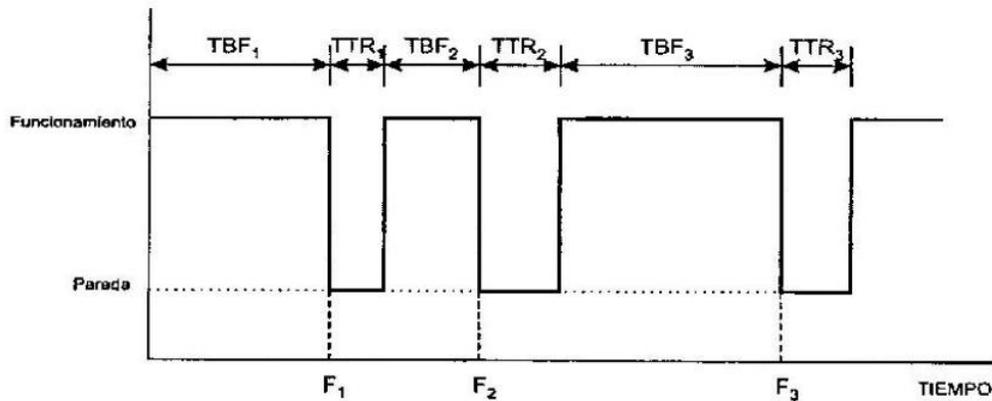


Figura 16: Tiempo entre fallas y tiempos de reparación

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n TBF}{n} \quad (\text{Ecu. 12})$$

Donde:

TBF: Tiempo entre fallas

n : Número de eventos

2.6.5.2. Distribución de fallas acumuladas ($F(t)$)

Se define como la probabilidad de que un activo falle en el intervalo (0, t), tenemos entonces que:

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (\text{Ecu. 13})$$

Según Ecu.10 $R(t) = \frac{n(t)}{N}$, reemplacemos en Ecu.13

$$F(t) = \frac{N-n(t)}{N} \quad \text{(Ecu. 14)}$$

2.6.5.3. Función de distribución de fallas ($f(t)$)

Es la probabilidad de un activo que ha fallado en el intervalo (t, t+dt) y no en el intervalo (0, t).

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad \text{(Ecu. 15)}$$

2.6.5.4. Tasa de fallas ($\lambda(t)$)

Probabilidad de que se produzca una falla del activo en el intervalo (t, t+dt). Se mide en fallas por unidad de tiempo.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad \text{(Ecu. 16)}$$

2.6.6. Mantenibilidad ($M(t)$)

La medida de la mantenibilidad es el MTTR (Mean Time To Repair o Tiempo Medio de Reparación). En la figura 15 aparece la ecuación de la representación del TTR que componen el MTTR.

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n TTR}{n} \quad \text{(Ecu. 17)}$$

Donde:

TTR : Tiempo de reparación.

n : Número de eventos

2.6.7. Disponibilidad ($D(t)$)

Es la probabilidad en el tiempo t para asegurar un servicio requerido, o que un activo este es su estado normal o habitual de trabajo

La disponibilidad está en función de la confiabilidad y mantenibilidad, la cual se precisa a continuación

$$D(t) = \frac{R(t)}{R(t)+M(t)} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad \text{(Ecu. 18)}$$

Es este trabajo de investigación la disponibilidad es permisible:

$$D_{(t)} \geq 90\%$$

Y para calcular el MTBF y el MTTR haremos uso de la ley de Weibull, según lo justificado anteriormente.

2.6.8. Método de los rangos medios

Para poder trazar la recta de regresión, se debe calcular un estimador para la función de distribución acumulativa $F(x)$. Este estimador, llamado Rangos medios, es un estimador no paramétrico basado en el orden de los fallos, ordenados en forma decreciente. Teniendo ciertas condiciones:

Si $50 > N > 20$ se utilizará la ecuación:

$$F(i) = \frac{i}{N+1} \quad \text{(Ecu. 19)}$$

Si $N < 20$ se utilizará la ecuación:

$$F(i) = \frac{i-0.3}{N+0.4} \quad \text{(Ecu. 20)}$$

Donde:

i : Número de orden de la falla

N : Tamaño de la muestra o número de registros

2.6.9. Parametrización de la ley de Weibull

Reemplazando las ecuaciones de la ley de Weibull en función del tiempo, considerando los tres parámetros (β , η , γ).

$$R(t) = \left(e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \right) \quad \text{(Ecu. 21)}$$

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - \left(e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \right) \quad \text{(Ecu. 22)}$$

$$f(t) = \left(\frac{\beta}{\eta} \right) \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \left(e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \right) \quad \text{(Ecu. 23)}$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \left(\frac{\beta}{\eta} \right) \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad \text{(Ecu. 24)}$$

$$MTBF = \gamma + \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad \text{(Ecu. 25)}$$

Donde:

β : Parámetro de forma

η : Parámetro de escala

γ : Parámetro de localización

$f_{(t)}$: Función densidad de fallas en función al tiempo

$F(t)$: Función de distribución acumulada de fallas

$\lambda(t)$: Tasas de falla

$MTBF$: Tiempo medio entre fallas

$R(t)$: Confiabilidad

Para el caso de

1). $\gamma = 0$ y $\beta = 1$. La ley de Weibull se reduce a la ley exponencial con parámetro

$$\lambda = \frac{1}{\eta}.$$

2) $\gamma = 0$ y $\beta = 2$. La ley de Weibull se reduce a la ley de Rayleigh

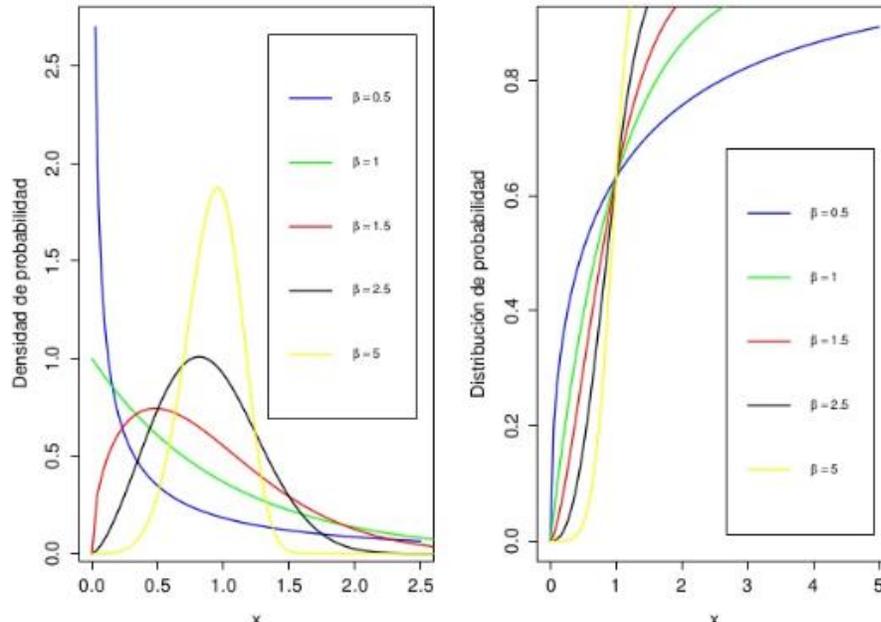


Figura 17: Distribución de Weibull para distintos valores de β

Fuente: Romero López, 2012

2.6.10. Aplicación de la distribución de Weibull

Distribución continua y triparamétrica (parámetros de forma (β), escala (η) y de localización (γ), y es la más empleada en el campo de la confiabilidad.

Muchos autores emplean la distribución de Weibull solo con dos parámetros (β , η), omitiendo el tercer parámetro de localización (siendo este el que localiza las abscisas a partir del cual se inicia la distribución).

2.6.10.1. Cálculo de los parámetros “ β ” y “ η ”

El método que se presenta para el cálculo de estos parámetros es el método de los Mínimos Cuadrados, por tres razones:

1) Es un método simple y sencillo de aplicar, encontrando una recta de mínimos cuadrados permitiendo tener tendencias para cálculos sucesivos.

2) Da un indicio sobre si se debe calcular o no el parámetro de localización.

3) La gráfica de los datos sirve como una prueba de bondad de ajuste de la distribución

Mediante la transformación doble logarítmica de la función de distribución de la función de distribución acumulativa. Partimos de la **(Ecu.7)**

$$F(x) = \left(1 - e^{-\left(\frac{x}{\eta}\right)^\beta}\right)$$

Aplicando la transformación doble logarítmica obtendremos:

$$\ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-F(x)}\right)\right) = \beta \ln x - \beta \ln \eta \quad \text{(Ecu.26)}$$

La expresión anterior expresada en una ecuación lineal de regresión es de la forma:

$$y = ax + b \quad \text{(Ecu.27)}$$

Comparando la Ecu.26 y Ecu 27, tendríamos las siguientes igualdades

$$y = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-F(x)}\right)\right); a = \beta; x = \ln x; b = -\beta \ln \eta \quad \text{(Ecu.28)}$$

De la Ecu28 concluimos que el parámetro de forma (β) es la pendiente de la recta de regresión y para su cálculo se utilizó la función “PENDIENTE” de las abscisas y ordenas de la **Ecu.31** en Microsoft Excel, y el parámetro de

escala (η) está en función del intercepto (b) de la recta de regresión con el eje "Y", y del parámetro de forma (β); para calcular el intercepto (b) se utilizó la función "INTERSECCIÓN. EJE" de las abscisas y ordenas de la Ecu28 en Microsoft Excel, por lo tanto tenemos que:

$$\eta = e^{-\frac{b}{\beta}} \quad (\text{Ecu.29})$$

Para calcular los valores de $\gamma \neq 0$ se va dando valores a " γ " y para cada uno de ellos se repetirá el proceso. Donde " x " es el valor de los datos de la muestra, que para nuestro caso serán los tiempos entre fallas (TBF) y los tiempos de reparación (TTR). Por lo tanto el proceso se vuelve monótono y repetitivo, de tal forma que los valores de " γ " va estar en función de los valores de " x " (TBF y TTR).

$$X_i' = X_i - \gamma_i \quad (\text{Ecu.30})$$

Donde:

X_i' : TBF y TTR iniciales obtenidos del historial de vida

X_i : TBF y TTR finales para estimar " γ "

γ_i : Parámetro de localización

Luego se calcula los valores del eje de abscisas y ordenadas como:

$$\{x, y\} = \left\{ \ln(X_i - \gamma_i); \ln \left(\ln \left(\frac{1}{1-F(x)} \right) \right) \right\} \quad (\text{Ecu.31})$$

Luego se calcula la recta de regresión según el conjunto de puntos de la

Ecu.31.

2.6.10.2. Cálculo del parámetro “ γ ”

El cálculo del parámetro de localización es más complejo, utilizando la herramienta **SOLVER** el programa Microsoft Excel y para mayor facilidad de esta herramienta se creó un código fuente en Visual Basic.

Aplicación de la Herramienta:

Para esto el mejor valor de estimación se tendrá con un valor que proporcione el ajuste a **la recta de regresión de los datos, y el coeficiente de correlación (R) y de determinación (R)²**. Estos proporcionan esta medida ya que éste mide la cantidad de puntos que están relacionados linealmente y, por lo tanto, la celda que contenga este valor será la celda objetivo a maximizar (el objetivo es mejorar el ajuste de la recta de regresión)

Para el cálculo del coeficiente de correlación (R) se utilizará la función “COEF.DE.CORREL” de las abscisas y ordenadas de la **Ecu.31**, del programa Microsoft Excel. Coeficiente de determinación si bien es cierto es el cuadrado de coeficiente de correlación, también se puede determinar mediante la función COEFICIENTE.R2 a través de Microsoft Excel.

Para poder iniciar el cálculo se debe establecer restricciones en la herramienta “SOLVER”, la cual es que la celda cambiante (parámetro de localización) debe ser menor o igual a un valor que es ligeramente menor al valor más bajo de los tiempos entres fallas (TBF) de la muestra para el caso del cálculo de la confiabilidad o de reparaciones (TTR) para el caso del cálculo de la mantenibilidad.

Una vez que se tenga todo lo dicho líneas arriba ejecutamos la herramienta “SOLVER” y este indicará que ha encontrado una solución y que cumple todas las restricciones y condiciones óptimas, y esto se reflejará en el diagrama de la recta de regresión haciendo que la recta esté más cerca de los puntos y también el coeficiente de correlación (R) se maximiza lo más cercano a “1” de igual manera, los parámetros de forma y escala, y los valores de las abscisas y ordenadas se actualizan. (Mora Gutiérrez 2009)

a).Consideraciones del parámetro “ γ ”

Una cola hacia abajo indica que el parámetro γ es positivo y una cola hacia arriba indica que el parámetro γ es negativo

Un parámetro de localización negativo se presenta cuando hay unidades con fallas en servicio, o unidades en servicio con defectos que causarán fallas. Ejemplos:

- a) Defectos originados durante el ensamble.
- b) Defectos originados durante el transporte.
- c) Defectos originados durante la instalación o montaje.
- d) Defectos originados durante el almacenamiento.

2.6.11. Herramientas para el análisis del MCC

2.6.11.1. Análisis de modo y efectos de fallas potenciales (AMEF)

Es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus modos, causas y efectos, también los elementos de identificación, para

de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.

¿Para qué tener un método documentado de prevención?

Una de las ventajas potenciales del AMEF, es que esta herramienta es un documento dinámico, en el cual se puede recopilar y clasificar mucha información acerca de los productos, procesos y el sistema en general. La información es un capital invaluable de las organizaciones.

Los beneficios potenciales que se obtienen son:

1. Identificar las posibles fallas en un producto, proceso o sistema.
2. Conocer a fondo el producto, el proceso o el sistema.
3. Identificar los efectos que puede generar cada falla posible.
4. Evaluar el nivel de criticidad (gravedad) de los efectos.
5. Identificar las causas posibles de las fallas.
6. Establecer niveles de confiabilidad para la detección de fallas.
7. Evaluar mediante indicadores específicos la relación entre: gravedad, ocurrencia y detectabilidad.
8. Documentar los procedimientos o los planes de acción para minimizar los riesgos.
9. Identificar oportunidades de mejora.
10. Generar Know-how.
11. Considerar la información del AMEF como recurso de capacitación en los procesos.

Para facilitar la documentación del análisis de modos y efectos de las fallas potenciales, usaremos el cuadro de datos, recomendado por el AMEF, descrito en el Anexo N°1 .

Pasos para la aplicación de un procedimiento AMEF.

1. Determinar los pasos críticos del proceso.
2. Determinar las fallas potenciales de cada paso del proceso, determinar sus efectos y evaluar su nivel de gravedad (severidad).
3. Indicar las causas de cada falla y evaluar la ocurrencia de las fallas.
4. Indicar los controles (medidas de detección) que se tienen para detectar fallas y evaluarlas.
5. Obtener el número de prioridad de riesgo para cada falla y tomar decisiones.
6. Ejecutar acciones preventivas, correctivas o de mejora.

2.6.11.2. Número de Prioridad de Riesgo (NPR)

Para evaluar el **efecto** y **modo** de falla potencial o evaluar los riesgos potenciales, para tener un enfoque de priorización de acciones se emplea los siguientes criterios:

$$NPR = S \times O \times D \quad (\text{Ecu.32})$$

Donde:

S: Severidad

O: Ocurrencia

D: Detección

La finalidad de aplicar correctamente NPR, a sincerándonos en los valores es ayudar a evitar modos de fallas potenciales proponiendo acciones de mejora. Según Tabla N° 1

Tabla N° 1: Criterios NPR

FALLOS CON PROBABILIDAD DE RIESGO		NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO
Insignificante	I	NPR < 121
Moderado	M	121 ≤ NPR ≤ 210
Crítico	C	NPR > 210

Fuente: Elaboración Propia

¿Qué es un modo de falla?

Un modo de falla es la forma en que un producto o repuesto puede afectar el cumplimiento de las especificaciones, afectando al cliente, al colaborador o al proceso siguiente.

Existen múltiples tipos de fallas y estas se presentan tanto en el análisis del diseño como en el análisis del proceso, por ejemplo:

Fallas en el diseño: Roto, fracturado.

Fallas en el proceso: Flojo, equivocado.

¿Qué es un efecto?

Un efecto puede considerarse como el impacto en el cliente o en el proceso siguiente, cuando el modo de falla se materializa.

2.6.11.2.1. Severidad (S)

“La severidad solo evalúa el **efecto de falla potencial**”. (Araque 2014)

Los criterios y valores que se emplearan en esta investigación son los mostrados en la Tabla N°2.

Tabla N° 2: Criterios de severidad

RANGO	PROBABILIDAD DE FALLO	SEVERIDAD DEL EFECTO
1	Ninguno	Sin algún efecto diferenciable
2- 3	Leve	Imperceptible-Apreciable
4 - 6	Moderado	Degradación o Perdida de alguna función secundaria
7 - 9	Grave	Degradación o Perdida de alguna función primaria
10	Crítico	Problemas de seguridad

Fuente: Elaboración Propia

2.6.11.2.2. Ocurrencia (O)

Evalúa la ocurrencia del modo de falla potencial en términos de porcentajes de partes defectuosas, con qué frecuencia de tiempo se presenta (año, mes, día, etc.).

Para esta investigación, los criterios y los valores que se tomarán en cuenta se muestra en la Tabla N° 3

Tabla N° 3: Criterios de ocurrencia

DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN	PROBABILIDAD DE FALLO	OCURRENCIA DEL MODO DE FALLO
Falla Improbable	1	Remota	1 Fallo mayor a 24 meses
Pocas Fallas	2	Baja	1 Fallo dentro de 20 a 23 meses
	3		1 Fallo dentro de 15 a 19 meses
Fallas ocasionales	4 - 5	Moderada	1 Fallo dentro de 11 a 14 meses
	6		1 Fallo dentro de 7 a 10 meses
Fallas frecuentes	7 - 8	Alta	1 Fallo dentro de 3 a 6 meses
	9		1 Fallo dentro de 1 a 2 meses
Fallas persistentes	10	Muy alta	1 Fallo menor a 1 mes

Fuente: Elaboración Propia

2.6.11.2.3. Detección (D)

Es un valor para clasificar la probabilidad de encontrar la falla antes de que el usuario exterior lo detecte, es decir entre más seguro o confiable es el control de detección o prevención más bajo será el valor de detección; y mientras menos probable es el detectar la falla el valor de detección es **más alto**.

Estos criterios son expuestos en la **Tabla N°4**

Tabla N° 4: Criterios de detección

CALIFICACIÓN	PROBABILIDAD DE DETECCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Casi cierta	Causas o modos de falla no pueden ocurrir porque están totalmente prevenidos
2-3	Alta	Fuerte capacidad de detección o pruebas de confiabilidad, de desarrollo o validación, pruebas de degradación.
4 - 5	Moderada	Pruebas fallas (en fugas, rendimientos, grietas, criterios de aceptación para desempeño, chequeos de funcionamiento, etc.)
6 - 8	Baja	Pruebas con software (Escaneos a los sistemas)
9	Remota	Improbable, impreciso
10	Casi imposible	No puede detectarse o no es analizado

Fuente: Elaboración Propia

2.7. Sistemas y componentes representativos de los tractocamiones

2.7.1. Motor

2.7.1.1. Motor MBE 4000/435HP

Es un motor Mercedes-Benz electrónico ideal para las aplicaciones de tractocamiones Freightliner. Consumo mínimo de combustible que da como resultado una mayor rentabilidad en la producción, ideal por su Seguridad, calidad e ingeniería para las aplicaciones de todo tipo de tractocamiones.

Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N°17**.

Modelo: MBE4000

Cilindraje: 12.8L

Potencia: 435 HP

RPM Gobernadas: 1900 RPM

Torque: 1550 LB/FT

RPM en el par máximo: 1100 RPM



Figura 18: Motor Mercedes Benz MBE 4000

Fuente: Especificaciones Técnicas Freightliner CL 112, 2016

2.7.1.2. Turbo brake freightliner

La característica más exclusiva del motor MBE4000 es el sistema de freno turbo opcional. Este sistema genera 600 caballos de fuerza a 2100 RPM de frenado cuando el conductor más lo necesita. Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N°18.**



Figura 19: Turbo brake de motor MBE4000

Fuente: Elaboración propia

2.7.2. Sistema de Refrigeración

2.7.2.1. Bomba de Agua

Es un tipo centrífugo, unidad al bloque de motor en cuyo interior gira una turbina accionada desde el cigüeñal mediante una correa y dos poleas. Tiene la función de válvula reguladora de temperatura de motor, la cual se debe mantenerse aproximadamente en 85 °C, situando a la salida del agua caliente de la culata he impulsado cuando se debería el agua a todo el sistema. Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N°19**



Figura 20: Bomba de Agua FTL

Fuente: Elaboración propia

2.7.2.2. Radiador-Intercooler

Es un depósito que almacena un fluido anticongelante disuelto en ella, saliente por la parte inferior del mismo e impulsada por la bomba de agua, que circula y se pone en contacto con las paredes del cilindro y cámara de combustión, para evitar algún desfase en los circuitos de refrigeración lleva un válvula termostática que regula el paso del fluido. Teniendo como temperatura media a alcanzar 80-90°C. Pudiendo apreciar en la siguiente Figura N° 20



Figura 21: Radiador-Intercooler FTL

Fuente: Elaboración propia

2.7.3. Sistema de transmisión

2.7.3.1. Embrague Eaton Fuller

El FTL CL 112 cuenta con un embrague Eaton Fuller 3070S, teniendo como principales funciones al inicio al desacoplar el embrague se desconecta el volante del motor del resto del tren motriz, el arrancador solo tiene que darle vuelta al volante del motor, menor desgaste en el motor de arranque, rompe el torque para pasar de cambio a cambio. Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N°21**.



Figura 22: Embrague Eaton Fuller

Fuente: Elaboración propia

2.7.3.2. Caja de cambios

En el FTL CL112 tenemos una caja Eaton Fuller de 18 velocidades, Lo último en rendimiento, versatilidad y fiabilidad con cargas y velocidades variables en aplicaciones de hasta 2250 lb-pie (3050N.m) de torque. Pesa 716lb (325 kg).

Durante los cambios que incrementan la velocidad, donde la palanca y el botón "splitter" se mueven juntos, el eje principal de baja inercia sincroniza rápidamente y permite cambios rápidos y fáciles. Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N°22**

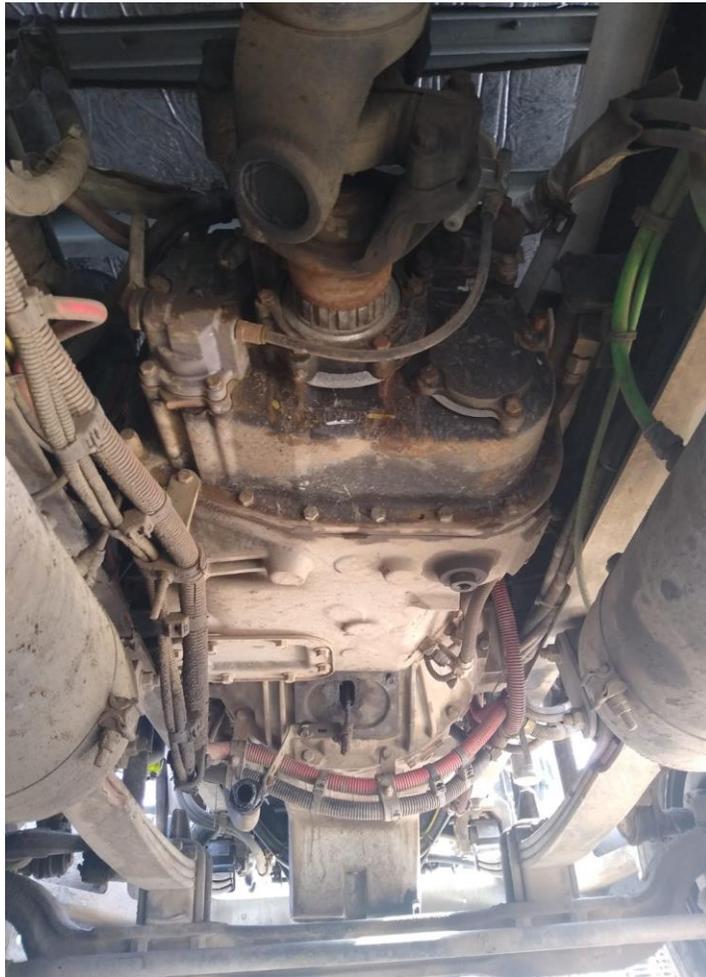


Figura 23: Caja Eaton Fuller super 18

Fuente: Elaboración propia

2.7.3.3. Diferenciales o coronas

Cuenta con 2 diferenciales MERITOR serie RT46-164 EH SERIE R, VIA ANCHA, con carga nominal 46 000 lb. Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N°23**



Figura 24: *Diferencial Meritor Serie RT-46-164*

Fuente: Elaboración propia

2.7.4. Sistema de Dirección

2.7.4.1. Caja de dirección

Cuenta con una caja de dirección TRW800. Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N°24**



Figura 25: Caja de dirección TRW800

Fuente: Elaboración propia

2.7.4.2. Pines-Bocinas

Modelo: Familia E-1320W. Pudiendo apreciar en la siguiente Figura N°25



Figura 26: Pines y bocinas FTL CL112

Fuente: Elaboración propia

2.7.5. Sistema de Suspensión

2.7.5.1. Bolsas de Aire

Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N°26**



Figura 27: Bolsas de Aire FTL CL 112

Fuente: Elaboración propia

2.7.5.2. Muelles

Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N°27**



Figura 28: Muelles FTL CL112

Fuente: Elaboración propia

2.7.5.3. Amortiguadores

Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N°28**



Figura 29: Amortiguadores FTL CL112

Fuente: Elaboración propia

2.7.6. Sistema de Frenos y presión de aire

2.7.6.1. Zapatas-Tambores

Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N°29**



Figura 30: Zapatas –Tambores FTL CL 112

Fuente: Elaboración propia

2.7.6.2. Presión de aire

Entre sus principales componentes distribuidores de aire están el secador de aire y compresor de aire. Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N°30**



Figura 31: Tanques de aire, secador de aire FTL

Fuente: Elaboración propia

2.7.7. Sistema Eléctrico

2.7.7.1. Baterías

Baterías 17 placas 900 CCA 12 V. Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N° 31**



Figura 32: Baterías 17 placas 900 CCA 12 V

Fuente: Elaboración propia

2.7.7.2. Alternador

Alternador DELCO REMY 24 SI 12V 145°. Pudiendo apreciar en la siguiente

Figura N° 32

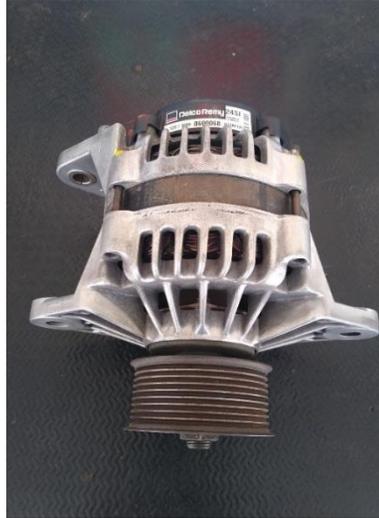


Figura 33: Alternador DELCO REMY 24 SI 12V

Fuente: Elaboración propia

2.7.7.3. Arrancador

Arrancador DELCO REMY 39 MT 12V. Pudiendo apreciar en la siguiente

Figura N°33



Figura 34: Arrancador DELCO REMY 39 MT

Fuente: Elaboración propia

2.7.8. Chasis y Cabina

2.7.8.1. Carrocería

Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N°34**



Figura 35: FREIGHTLINER CL 112

Fuente: Elaboración propia

2.7.8.2. Tornamesa o Quinta rueda

Tornamesa marca Holland. Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N°35**



Figura 36: Tornamesa marca Holland

Fuente: Elaboración propia

2.7.9. Especificaciones generales

2.7.9.1. Dimensiones

Pudiendo apreciar en la siguiente **Figura N° 36**

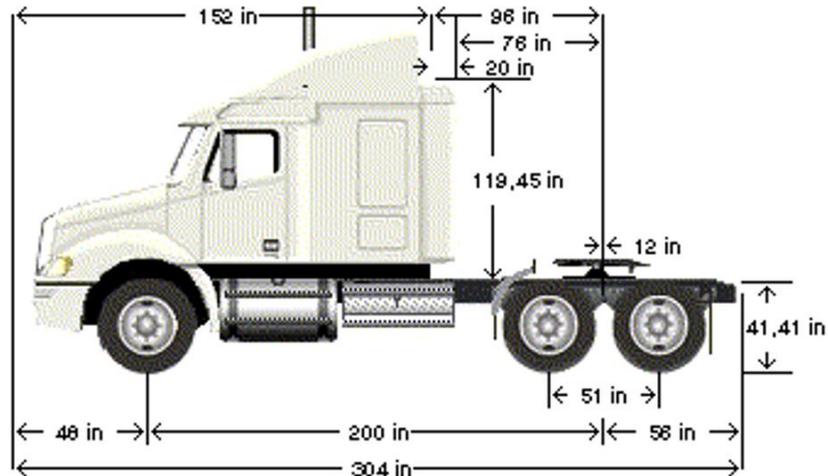


Figura 37: Dimensiones Freightliner CL112

Fuente: Especificaciones Técnicas Freightliner CL 112, 2016

2.8. Definición conceptual de la terminología.

1. **MCC:** Mantenimiento Centrado en la confiabilidad
2. **Tractocamiones:** O remolcadores están clasificados como vehículos articulados ya que están compuestos por dos partes rígidas unidas por un punto medio. Este vehículo motriz no está configurados para cargar, sino para jalar remolque, sermirremolque u otra adición.
3. **Freightliner:** Es un fabricante estadounidense de camiones y una división de Daimler Trucks North America.
4. **GMAO:** Gestión de mantenimiento asistida por ordenador
5. **FMEA:** Análisis de Modos y Efectos de Fallas

6. **TBF:** Tiempo entre fallas o tiempo de funcionamiento
7. **TTR:** Tiempo de Reparación
8. **NPR:** Número de Prioridad de Riesgo
9. **CDMS:** Medición estratégica de Confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad.
10. **Disponibilidad:** Capacidad de estar en un estado para funcionar cuando sea solicitado
11. **Confiabilidad:** Capacidad de funcionar cuando sea solicitado, sin fallas, por un intervalo de tiempo, y bajo las condiciones de operación dadas.
12. **Mantenibilidad:** capacidad de reparar o restaurar bajo condiciones específicas de mantenimiento
13. **Funciones principales:** Se encuentran relacionadas con las razones por las cuales se ha adquirido un activo, entre estas se encuentran la capacidad de producción, calidad del producto, capacidad de almacenamiento, entre otras.
14. **Funciones secundarias:** Son aquellas características adicionales que permite al sistema cumplir con las funciones principales.
15. **Fallas funcionales:** Un activo no pueda desempeñarse conforme a los parámetros requeridos por sus usuarios es alguna clase de falla.
16. **Contexto operacional:** Son los factores que influyen en el funcionamiento sobre el mantenimiento del activo, tales como factores climáticos, normas, reglamentos, estándares de calidad.
17. **Activo:** Un activo es un bien que la empresa posee y que puede convertirse en dinero u otros medios equivalentes.

18. **Modos de fallas:** Son los eventos que pueden causar una pérdida de función o una falla funcional.
19. **Efectos de Falla:** Indican que ocurriría si pasaría cada modo de falla.
20. **Ley de Weibull:** es una distribución continua y triparamétrica; es decir, está completamente definida por tres parámetros y es más empleada en el campo de la confiabilidad. Para moldear procesos estocásticos relacionados con el tiempo.
21. **Procesos estocásticos:** conjunto de variables aleatorias que dependen de un parámetro o argumento
22. **Recta de regresión:** Es la línea recta que mejor se ajusta a un conjunto de puntos para dos variables X e Y, es decir, la que permitiría minimizar el error medio cometido al hacer los pronósticos como si el conjunto de puntos tuviera una forma lineal.
23. **FTL:** Freightliner

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.

3.1. Tipo y diseño de investigación

Para el desarrollo de este trabajo se empleó una investigación descriptiva; ya que se identificó y describió las fallas, efectos y causas probables de los diversos sistemas en tracto camiones freigthliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C. Teniendo dicha información, orientamos a una investigación aplicada para proponer una metodología (MCC) para aumentar la disponibilidad de los tracto camiones freigthliner.

“Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”. (Danhke 1989)

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La empresa Transportes Pakatnamu S.A.C, es conformada por 60 Tracto camiones freigthliner, modelo CL 112 con motor Mercedes Benz.

3.2.2. Muestra

Se escogerá los tractocamiones freigthliner que más problemas y fallas presentan de toda la flota de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C

3.3. Hipótesis

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) si influye en la disponibilidad de los Tractocamiones Freigthliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C

3.4. Variables – Operacionalización.

3.4.1. Variable independiente

La variable independiente en esta investigación será el “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los tractocamiones freigthliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C”

3.4.2. Variable dependiente

La variable dependiente es la disponibilidad de los tractocamiones, la cual se pretende incrementar empleando MCC.

3.5. Métodos y técnicas de investigación

En esta investigación utilizaremos un método deductivo-no experimental; a partir del histórico de la vida útil de los tractocamiones Freigthliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C, obtendremos información para aplicar la metodología MCC.

El método deductivo es una forma de razonamiento que parte de una verdad universal para obtener conclusiones particulares. Este método tiene una doble función encubrir consecuencias desconocidos de principios conocidos (Cano, 1975, p. 42)

“El estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir sobre ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos”. (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Batista Lucio 2006)

Las técnicas empleadas son las siguientes:

a. Observación directa

Ayudo a identificar, describir y familiarizarse con los equipos que conforman los sistemas de los tractocamiones freigthliner, pudiendo corroborar información.

b. Entrevistas al personal

Permite involucrarse en los trabajos realizados a los tractocamiones freigthliner, conocer el funcionamiento de los diversos sistemas, identificando la criticidad de las fallas en los mismos.

c. Graficas

Representación de la información obtenida mediante gráficas para tener una mejor visión de los resultados

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

3.6.1. Bibliográfico

Libros, tesis, revistas, catálogos, páginas web, etc.

3.6.2. Software

Visual Basic, Microsoft Excel

3.6.3. Material y equipos

Cuaderno de notas, Memoria USB, Laptop Dell

3.7. Análisis estadísticos e interpretación de los datos

La finalidad de esta investigación es determinar si la disponibilidad es afectada positivamente al aplicar la metodología MCC, por lo que es propicio determinar la disponibilidad antes y después de la aplicación.

Para calcular la disponibilidad, se debe calcular la confiabilidad y mantenibilidad; la cual está en función de tres parámetros (forma, escala, localización), se realizara mediante el uso de la ley de Weibull determinando en primera instancia TBF y TTR, mediante el método de los cuadrados minimos determinar los dos primeros parámetros de forma y escala, utilizando Microsoft Excel en los cálculos y graficas ; y para el parámetro de localización utilizaremos códigos de programación de Visual Basic.

Como parte de la aplicación MCC, emplearemos el Análisis de modo y efectos de fallas potenciales (AMEF), comprendiendo también el NPR para poder analizar la situación de los sistemas y/o componentes de los tractocamiones, expandiendo nuestro enfoque de la realidad que se tiene, observando el nivel de criticidad que tienen.

Para obtener resultados se empleara el diagrama de decisiones expuestos en la norma JA1011 Y SAE JA1012, poder tomar la acción más propicia e identificando las consecuencias que se pueden tener en cada modo de falla.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.

4.1. Contexto operacional

Los tractocamiones freightliner de Transportes Pakatnamu SAC, recorren rutas por todo el Perú; es decir costa, sierra y selva. Transportando muchas veces cargas hasta de 37 tn, sobres forzando todos los sistemas y componentes del motor.

Teniendo una ruta tan variada y lejana al mismo tiempo, es imprescindible la disponibilidad de los tractocamiones en ruta para no dejarse botados a consecuencia de fallas mecánicas generando sobre costo a la operación.

4.2. Propuesta de investigación

Conscientes de la problemática y condiciones de trabajo de la empresa se propone un plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, para lo que se realizará lo siguiente:

Revisar en los historiales de mantenimiento, en el periodo de diciembre del 2017 hasta diciembre del 2018 información para poder determinar TBF y TTR, para posterior determinar la confiabilidad inicial, mantenibilidad inicial y disponibilidad inicial aplicando la ley de Weibull.

Al mismo tiempo mediante la metodología MCC, determinar modos y efectos de fallas, con la ayuda AMEF y NPR, teniendo un panorama más amplio de situación para después a través del diagrama de decisiones efectuar actividades de mejora.

Por ultimo evaluar el historial de mantenimiento entre los periodos de diciembre del 2018 hasta diciembre del 2019, con el fin de determinar confiabilidad final, mantenibilidad final y disponibilidad final aplicando la ley de Weibull, para poder

comparar los valores determinando si el MCC influyo positivamente. Finalmente determinar el costo beneficio proporcionado por esta propuesta.

4.3. Sistemas y componentes representativos de los tractocamiones FTL

Los sistemas y componentes seleccionados para este trabajo de investigación son las mencionadas líneas arriba en el punto 2.7, pero también están presentes en la Figura N° 38.

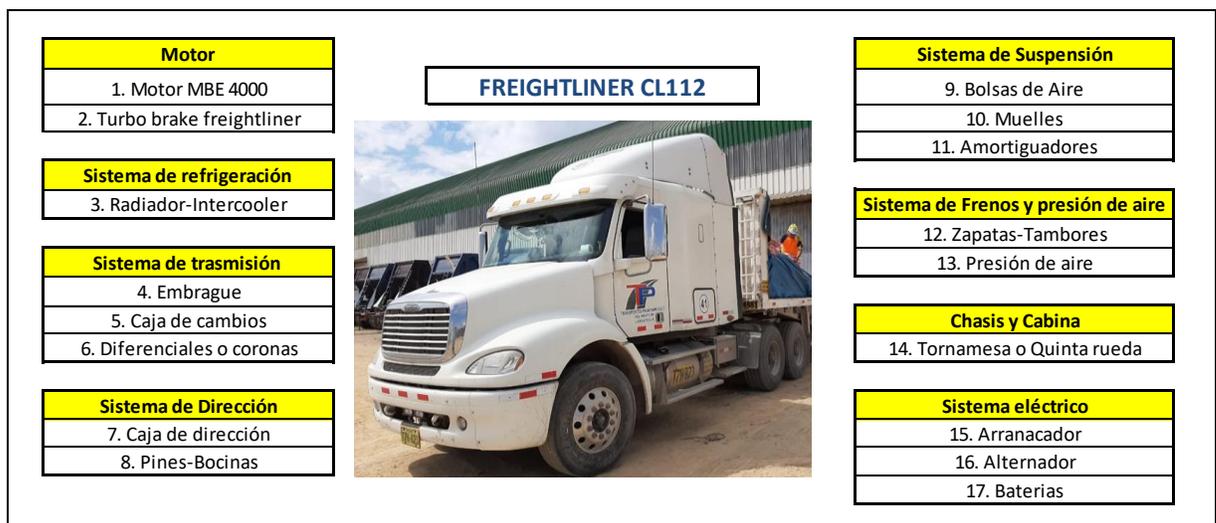


Figura 38: *Sistemas y componentes de tractocamiones FTL*

Fuente: Elaboración propia

4.4. Cálculo de la disponibilidad inicial

Se revisó el historial de mantenimiento de 01 de diciembre del 2017 hasta 01 diciembre 2018, para tener valores del tiempo de funcionamiento o tiempo entre fallas y el tiempo de reparación de los tractocamiones freightliner por lo que se analizó la siguiente Tabla N°5

Tabla N° 5: Registro de TBF y TTR iniciales

DATOS INICIALES					
EMPRESA:		TRANSPORTES PAKATNAMU SAC			
EQUIPO:		TRACTOCAMIÓN FREIGHTLINER 2012			
SISTEMA:		General			
FECHA INICIO:		01/12/2017			
N	FECHA	TBF (Horas)	TBF (días)	TTR (Horas)	TTR (días)
1	24/12/2017	106	13.3	78	9.8
2	17/01/2018	127	15.9	65	8.1
3	08/02/2018	133	16.6	43	5.4
4	06/03/2018	173	21.6	35	4.4
5	19/04/2018	328	41.0	24	3.0
6	18/05/2018	185	23.1	47	5.9
7	15/06/2018	188	23.5	36	4.5
8	16/07/2018	223	27.9	25	3.1
9	06/08/2018	141	17.6	27	3.4
10	29/08/2018	139	17.4	45	5.6
11	22/09/2018	166	20.8	26	3.3
12	01/11/2018	299	37.4	21	2.6
13	30/11/2018	209	26.1	23	2.9

Fuente: Elaboracion Propia

Para determinar la disponibilidad inicial, primero tenemos que calcular la confiabilidad inicial y mantenibilidad inicial.

4.4.1. Análisis de la confiabilidad inicial

Tenemos que calcular los parámetros de escala (η), forma (β) y de localización (γ) para ello utilizaremos los tiempos de funcionamiento (TBF) de la TABLA N° 5, en primer lugar tenemos que ordenar los TBF en forma creciente para poder precisar la escala logarítmica en las abscisas y en las ordenadas. Como la población es pequeña, $N < 20$, utilizaremos el método de rangos medios para estimar la función de distribución (F_i) según la Ecu.20.

Luego tenemos que calcular los valores de las abscisas y ordenadas según la Ecu28. Para el cálculo del parámetro de forma (β), según la Ecu28 es la pendiente de la recta de regresión, para ello usaremos de la función "PENDIENTE" en Microsoft Excel de las coordenadas calculadas anteriormente. Para el cálculo del parámetro de escala (η) usaremos la Ecu29, donde " b " es el intercepto de la recta de regresión y para calcularla usaremos la función "INTERSECCIÓN. EJE" en Microsoft Excel de las coordenadas calculadas anteriormente. Y para calcular el parámetro de localización (γ) usaremos la herramienta "SOLVER" en Microsoft Excel, la cual me permite calcular un valor que depende de diversas variables donde a la vez existe una serie de restricciones que ha de cumplir; el parámetro de localización (γ) es dependiente del coeficiente de correlación (R) y de igual manera se calculara en Microsoft Excel con la función "COEFICIENTE.R" de las coordenadas calculadas anteriormente.

Determinamos el coeficiente de determinación (R^2), matemáticamente es el cuadrado del coeficiente de correlación, pero también se puede calcular mediante la función COEFICIENTE.R2 ya que éste mide la cantidad de puntos que están relacionados linealmente y, por lo tanto, la celda que contenga este valor será la celda

objetivo a maximizar, siendo el valor ideal "1". Cálculo del parámetro " γ ". Todos los cálculos podemos ver en la TABLA N° 6 y gráficamente en la Figura N°40.

En la figura N° 17 se muestra la recta de regresión de los datos ajustes de ejes de la TABLA N° 6, también podemos ver la ecuación de la recta de la confiabilidad la cual es similar a la Ecu24.

El ajuste de ejes obedece a un código de programación creada en Visual Basic para una mayor precisión, el código lo podemos ver en el Anexo N°4 hasta Anexo N°8 .

Una vez obtenidos los parámetros de Weibull, ver TABLA N° 6, podemos calcular la confiabilidad actual ((t)) según la Ecu21, probabilidad de falla ($((t))$) según la Ecu22, el tiempo medio entre fallas (**MTBF**) según la Ecu25 y la tasa de falla ($((t))$)según la Ecu24. Lo podemos ver en la TABLA N° 8.

Como punto importante se empleó la ley de Weibull de forma biparametrica(Forma y escala), SOLO para observar la influencia que tiene calcular el parámetro de localización, demostrándolo en la TABLA N°7, gráficamente en la Figura N°39.

Tabla N° 6: Cálculo de los parámetros de Weibull para la Confiabilidad inicial

DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA CONFIABILIDAD INICIAL										
EMPRESA		TRANSPORTES PAKATNAMU SAC			PARÁMETROS DE WEIBULL		N	13	MIN TBF-0.1	105.9
EQUIPO		TRACTOCAMIÓN FREIGHTLINER 2012			β	1.05	R	0.97369	"R" IDEAL	1
SISTEMA		General			η	95.866	Δ R	0.02631	R2f	0.948
FECHA INICIO		01/12/2017			γ	102.09	AJUSTE DE EJES			
N	FECHA	TBF (Horas)	F (i)	COORDENAD. [TBF ; F (i)]	EJE "X"	EJE "Y"	TBF(t - γ)	EJE "X"	EJE "Y"	R_i (t)
1	24/12/2017	106	5.22%	[106 ; 5.22]	4.66	-2.93	3.91	1.36	-2.93	0.966
2	17/01/2018	127	12.69%	[127 ; 12.69]	4.84	-2.00	24.91	3.22	-2.00	0.785
3	08/02/2018	133	20.15%	[133 ; 20.15]	4.89	-1.49	30.91	3.43	-1.49	0.738
4	29/08/2018	139	27.61%	[139 ; 27.61]	4.93	-1.13	36.91	3.61	-1.13	0.693
5	06/08/2018	141	35.07%	[141 ; 35.07]	4.95	-0.84	38.91	3.66	-0.84	0.679
6	22/09/2018	166	42.54%	[166 ; 42.54]	5.11	-0.59	63.91	4.16	-0.59	0.521
7	06/03/2018	173	50.00%	[173 ; 50]	5.15	-0.37	70.91	4.26	-0.37	0.483
8	18/05/2018	185	57.46%	[185 ; 57.46]	5.22	-0.16	82.91	4.42	-0.16	0.424
9	15/06/2018	188	64.93%	[188 ; 64.93]	5.24	0.05	85.91	4.45	0.05	0.410
10	30/11/2018	209	72.39%	[209 ; 72.39]	5.34	0.25	106.91	4.67	0.25	0.326
11	16/07/2018	223	79.85%	[223 ; 79.85]	5.41	0.47	120.91	4.80	0.47	0.279
12	01/11/2018	299	87%	[299 ; 87.31]	5.70	0.72	196.91	5.28	0.72	0.119
13	19/04/2018	328	95%	[328 ; 94.78]	5.79	1.08	225.91	5.42	1.08	0.085

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 7: Cálculo biparamétrico de confiabilidad inicial segun Ley de Weibull

VALORES ANTES DE CALCULAR EL "γ"	
Ri	0.94536
R2i	0.893698233
b	-17.378
β	3.26
η	207.730

Fuente: Elaboración Propia

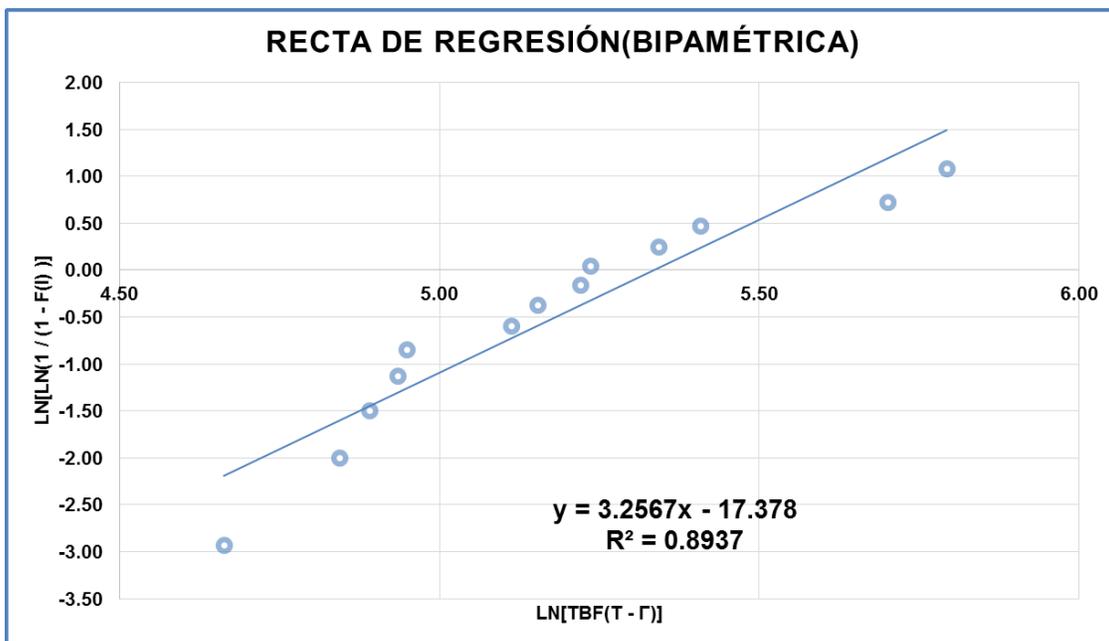


Figura 39: Recta de regresión de confiabilidad inicial - bipamétrica

Fuente: Elaboración Propia

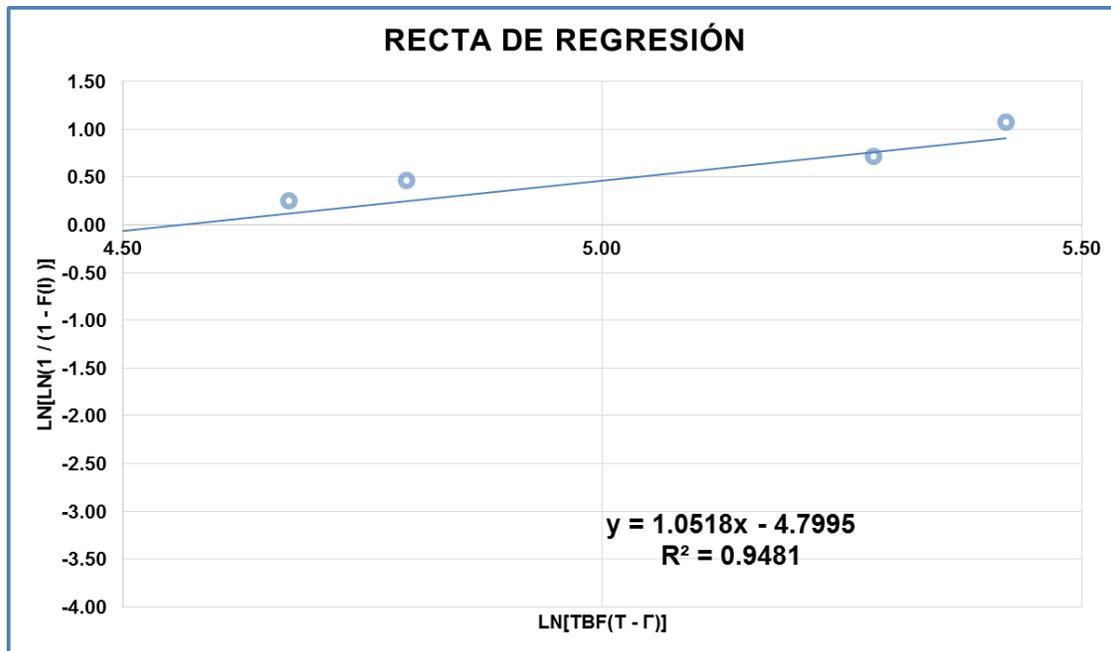


Figura 40: Recta de regresión para datos iniciales de confiabilidad

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 8: Cálculo de MTBF, confiabilidad, probabilidad de fallo y tasa de fallo iniciales

CONFIABILIDAD [R(t)]	PROB. DE FALLOS [F(t)]	MTBF (Horas)	TASA FALLO [λ(t)]
<u>37.56%</u>	62.44%	196.05	0.010961

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2. Análisis de la mantenibilidad actual

Para el cálculo de la mantenibilidad es el mismo procedimiento que el de la confiabilidad, la única diferencia es que en vez de utilizar los datos de los tiempos sin falla o tiempos entre fallas (TBF) se utiliza los tiempos de reparaciones (TTR), presentes en la TABLA N° 5.

Ver cálculos en la TABLA N°9, TABLA N°11 y gráficamente en la Figura N°42

Tabla N° 9: Cálculo de los parámetros de Weibull para la Mantenibilidad inicial

DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA MANTENIBILIDAD INICIAL										
EMPRESA		TRANSPORTES PAKATNAMU SAC			PARÁMETROS DE WEIBULL		N	13	MIN TBF-0.1	20.9
EQUIPO		TRACTOCAMIÓN FREIGHTLINER 2012			β	0.90	R	0.98590	"R" IDEAL	1
SISTEMA		General			η	18.14	ΔR	0.01410	R2	0.980
FECHA INICIO		01/12/2017			γ	20.31	AJUSTE DE EJES			
N	FECHA	TTR (Horas)	F (i)	COORDENAD. [TBF ; F (i)]	EJE "X"	EJE "Y"	TBF(t - γ)	EJE "X"	EJE "Y"	M _i (t)
1	01/11/2018	21	5.22%	[21 ; 5.22]	3.04	-2.93	0.69	-0.37	-2.93	0.948
2	30/11/2018	23	12.69%	[23 ; 12.69]	3.14	-2.00	2.69	0.99	-2.00	0.835
3	19/04/2018	24	20.15%	[24 ; 20.15]	3.18	-1.49	3.69	1.31	-1.49	0.787
4	16/07/2018	25	27.61%	[25 ; 27.61]	3.22	-1.13	4.69	1.55	-1.13	0.743
5	22/09/2018	26	35.07%	[26 ; 35.07]	3.26	-0.84	5.69	1.74	-0.84	0.703
6	06/08/2018	27	42.54%	[27 ; 42.54]	3.30	-0.59	6.69	1.90	-0.59	0.665
7	06/03/2018	35	50.00%	[35 ; 50]	3.56	-0.37	14.69	2.69	-0.37	0.437
8	15/06/2018	36	57.46%	[36 ; 57.46]	3.58	-0.16	15.69	2.75	-0.16	0.416
9	08/02/2018	43	64.93%	[43 ; 64.93]	3.76	0.05	22.69	3.12	0.05	0.295
10	29/08/2018	45	72.39%	[45 ; 72.39]	3.81	0.25	24.69	3.21	0.25	0.268
11	18/05/2018	47	79.85%	[47 ; 79.85]	3.85	0.47	26.69	3.28	0.47	0.243
12	17/01/2018	65	87.31%	[65 ; 87.31]	4.17	0.72	44.69	3.80	0.72	0.106
13	24/12/2017	78	94.78%	[78 ; 94.78]	4.36	1.08	57.69	4.06	1.08	0.059

Fuente: Elaboración Propia

Como punto importante se empleó la ley de Weibull de forma biparamétrica (Forma y escala), SOLO para observar la influencia que tiene calcular el parámetro de localización, demostrándolo en la TABLA N°10, gráficamente en la Figura N°41.

Tabla N° 10: Cálculo biparamétrico de Mantenibilidad inicial según Ley de Weibull

VALORES ANTES DE CALCULAR EL "γ"	
Ri	0.91717
R2i	0.841203302
b	-9.479
β	2.52
η	43.242

Fuente: Elaboración Propia

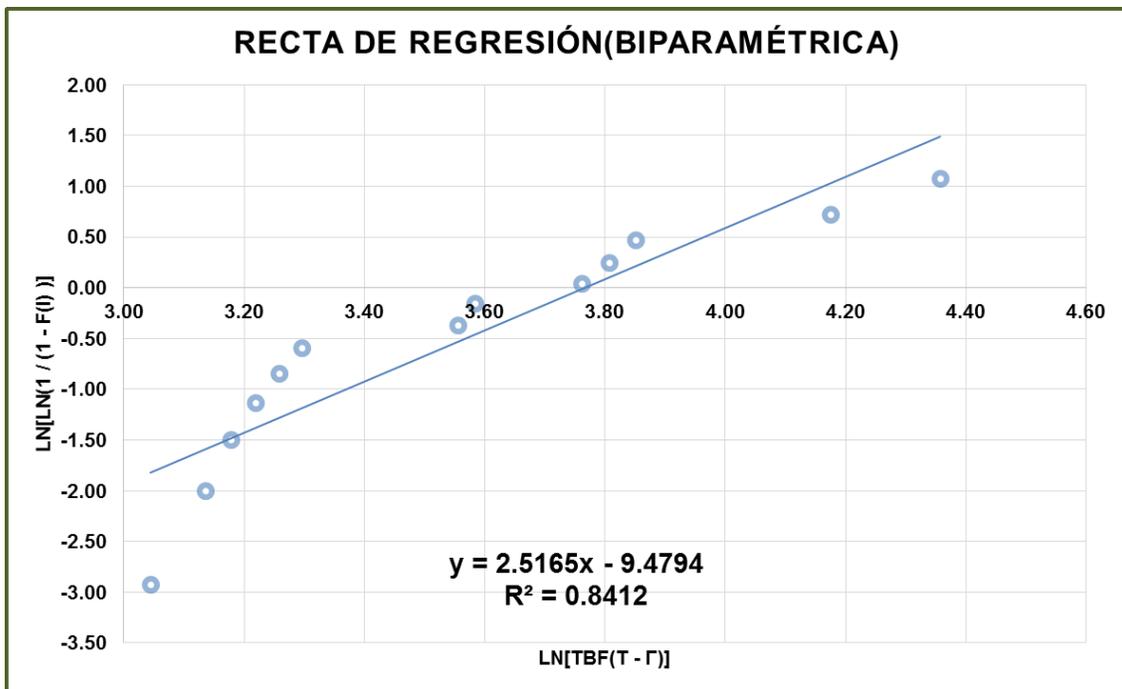


Figura 41: Recta de regresión de Mantenibilidad inicial - biparamétrica

Fuente: Elaboración Propia

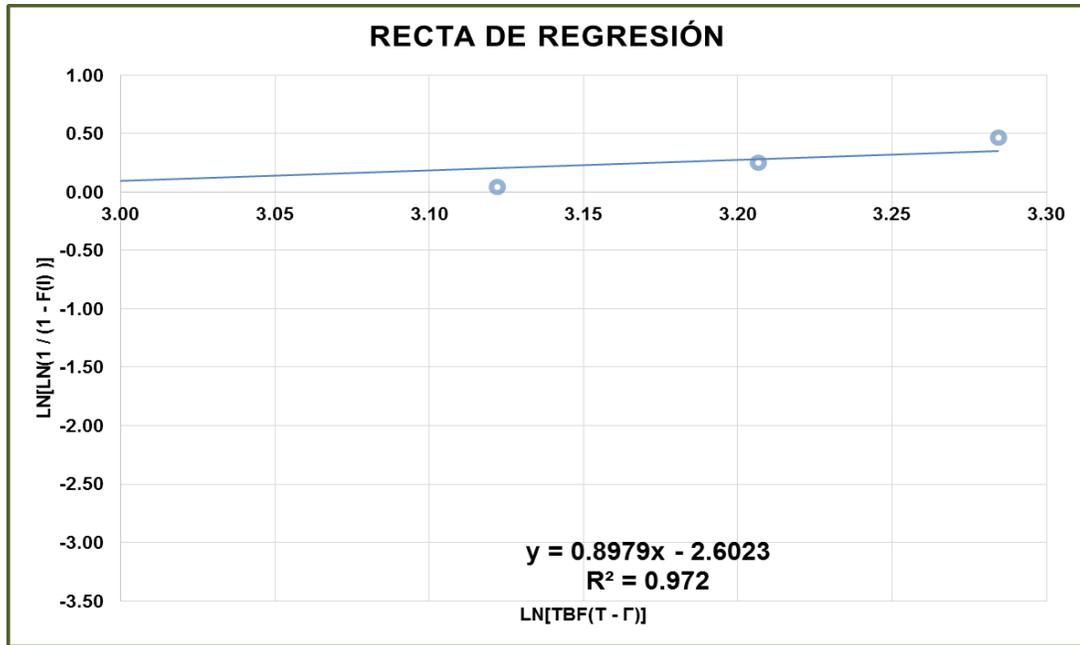


Figura 42: Recta de regresión para datos iniciales de mantenibilidad

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 11: Cálculo de MTTR, mantenibilidad y tasa de reparación inicial

MANTENIBILIDAD [M(t)]	MTTR (Horas)	TASA REPARACIÓN [λ(t)]
64.93%	39.43	0.049220

Fuente: Elaboración Propia

En función de tiempos medios entre fallas (MTBF) y los tiempos medios de reparación (MTTR) iniciales podemos calcular la disponibilidad inicial, ver TABLA N° 12, según la Ecu20.

Tabla N° 12: Cálculo de la disponibilidad inicial

MTBF (Horas)	MTTR (Horas)	DISPONIBILIDAD INICIAL D(t)
196.05	39.43	83.26%

Fuente: Elaboración Propia

4.5. Hoja de trabajo de información

Según la TABLA N° 10, la $D(t) < 90\%$ (inicial), esto significa que se están produciendo fallas en periodos de tiempos cortos y para corregir estas fallas en periodos de tiempos largos, debido a este indicador, realizaremos el análisis del funcionamiento de cada subsistema o componente y sus posibles causas y efectos de fallas. Toda esta información obtenida de campo se resumió en tablas recomendados por el AMEF, ver Anexo N°1.

En la **figura N°43** se muestra una parte, como ejemplo, del desarrollo de la hoja de trabajo de información de los “**Embrague**”. También podemos observar que en la columna de la función [**F**] del componente y de las causas de los modos de fallas [**FM**] se le asigna un número “**1, 2, 3 ...**” dependiendo de cuantas funciones y causas de los modos de falla tenga el componente; al contrario de estas en la columna de la descripción de los modos de fallas [**FF**] se le asigna una letra “**A, B, C ...**” todo estos códigos nos ayudaran a identificarlos en la hoja de decisiones.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°		4 DE 17			
EQUIPO		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012		SISTEMA:		TRANSMISIÓN		INICIO	01/12/2017
FACILITADOR		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA		COMPONENTE:		EMBRAGUE		FINAL	01/12/2019
FUNCIÓN - [F]		TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]		EFECTOS DE FALLO		CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]	
6	Liberar el conjunto embrague de la volante del motor	FUNCIONAL	Dificultad en el ingreso de marchas.	A	Pedal de accionamiento del embrague sin juego libre.	Carrera de activación del embrague prolongada.		1	Regulación inapropiada del embrague, fuera de los parámetros establecidos por el fabricante.
				B	Presencia de grasa en el disco de acoplamiento.	Rotura de reten de rodamiento del collarín		1	Excesiva lubricación generando sobrecarga al reten del rodamiento.
				C	Tornillo regulador averiado	Rotura del fleje del tornillo regulador		1	Tornillo regulador sin mantenimiento, causando endurecimiento en sus componentes de regulación
7	Transmitir la potencia generada por el motor hacia la caja de cambios	FUNCIONAL	Perdida de fuerza de desplazamiento	A	Disco de embrague en mal estado	sonido anormal en el conjunto de embrague, generando pérdida de fuerza afectando en el desplazamiento del vehículo		1	Tiempo de vida útil finalizado, otra de las causas se origina por mala operación del sistema acortando su durabilidad.

Figura 43: Ejemplo de hoja de trabajo de información MCC

Fuente: Elaboración Propia

4.6. Hoja de decisiones

Una vez analizado el funcionamiento de cada subsistema o componente, sus posibles causas y efectos de fallas del sistema hidráulico, se clasificó las consecuencias de las causas de los modos de fallas según el diagrama de decisiones del **Anexo N° 3** como, consecuencias de la falla oculta (**H**), para la seguridad (**S**), del medio ambiente (**E**), operacionales (**O**) y no operacionales (**N**) respondiendo algunas preguntas en dicho diagrama; se le asignó tareas de mantenimiento, ya sea tareas a condición, de reacondicionamiento cíclico, de sustitución cíclica, de búsqueda de fallas, combinación de tareas, rediseños o ningún mantenimiento programado de tal forma que eliminen o minimicen a un nivel tolerable las consecuencias de las causas de los modos de fallas teniendo en cuenta el tipo de consecuencia asignado y de los resultados del número de prioridad de riesgo; así como también con qué frecuencia y que personal está calificado para realizar estas tareas de mantenimiento.

Toda esta información se resumió en tablas recomendados por el AMEF; en la **figura N°44** se muestra una parte, como ejemplo, del desarrollo de la hoja de decisiones de los “**Embrague**”.

HOJA DE DECISIONES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER				SISTEMA : TRANSMISIÓN				FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 04				
			COMPONENTE : EMBRAGUE				FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR				FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17				
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIA				H1 H2 H3			ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE			TAREA PROPUESTA			FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
							S1 S2 S3										
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4					
							N1	N2	N3								
4	A	1	Si				Si						Regulacion de embrague de acuerdo a lo especificado por el fabricante en este caso 13mm de separacion entre el collarin y en disco de inercia.			1 MES	MECÁNICO
4	B	1	Si				Si						Inspeccion de estado de lubricacion del collarin a travez de prueba de sonido accionando el pedal del embrague. Se recomienda el engrase del rodamiento del collarin cada 20 000 Km.			3 MESES	MECÁNICO
4	C	1	Si				Si						Limpieza y/o mantenimiento al tornillo de regulacion, lubricacion del fleje. De ser necesario reemplazar tornillo regulador por una nuevo, se recomienda realizar dicho mantenimiento cada 40 000 Km.			3 MESES	MECÁNICO
4	D	1	Si				Si						Capacitacion de manejo y/o utilizacion de manera correcta del sistema de embrague al personal operativo, se recomienda realizar puebas de acoplamiento en ruta una vez superado los 400 000 Km de recorrido con el fin de evaluar el estado del conjunto de embrague.			6 MESES	PERSONAL ESPECIALIZADO

Figura 44: Ejemplo de hoja de decisiones MCC - Embrague

4.7. Hoja de información del Número de Prioridad de Riesgo

Es un indicador para apoyar en la priorización de tareas de manteniendo analizando la severidad **(S)** para los efectos de fallas, ocurrencia **(O)** para las causas de los modos de fallas, y detección **(D)** para los controles o tareas actuales de mantenimiento, ver

Capítulo 2.6.11.2, empleamos el Anexo N° 2

Como ejemplo la **figura N° 45**, evaluando mediante la hoja de información de NPR la criticidad; por lo que se muestra celdas de color verde, amarillo y rojo como referencia de que si son resultados excelentes, tolerable o intolerable según la clasificación de la **TABLA N° 1**

También se clasificó los modos de fallas **(FF)** como “**A evitar**”, si las consecuencias de la falla son inadmisibles y “**A amortiguar**” solo minimizar sus efectos de manera que éstos, en caso de producirse, sean mínimos.

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :	4	DE 17		
EQUIPO		:	TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012				SISTEMA:	TRANSMISIÓN	INICIO	01/12/2017				
FACILITADOR		:	JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA				COMPONENTE:	EMBRAGUE	FINAL	01/12/2019				
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL
6	A	A amortiguar	Carrera de activacion del embrague prolongada.	6	1	7	Inspección visual	Inspección visual	5	245	6	3	2	36
	B	A evitar	Rotura de reten de rodamiento del collarin	9	1	4	Inspección visual	Inspección visual	3	84	4	2	2	16
	C	A evitar	Rotura del fleje del tornillo regulador	10	1	2	Inspección visual	Inspección visual	4	150	4	2	3	24
7	A	A evitar	sonido anormal en el conjunto de embrague, generando perdida de fuerza afectando en el desplazamiento del vehiculo	9	1	3	Inspección visual	Inspección visual	5	150	4	2	2	16

Figura 45: Ejemplo de Hoja de información NPR – Embrague

Fuente: Elaboración propia

4.8. Cálculo de la disponibilidad final

Se evaluó el historial de mantenimiento de 01 de diciembre del 2018 hasta 01 diciembre 2019, para tener valores del tiempo de funcionamiento o tiempo entre fallas y el tiempo de reparación de los tractocamiones freightliner por lo que se analizó la siguiente Tabla N°13

Tabla N° 13: Registro de TBF y TTR finales

DATOS FINALES					
EMPRESA	TRANSPORTES PAKATNAMU SAC				
EQUIPO	TRACTOCAMIÓN FREIGHTLINER 2012				
SISTEMA	General				
FECHA INICIO	01/12/2018				
N	FECHA	TBF (Horas)	TBF (días)	TTR (Horas)	TTR (días)
1	28/12/2018	200	25.0	21	2.6
2	03/02/2019	280	35.0	11	1.4
3	22/03/2019	360	45.0	16	2.0
4	27/05/2019	520	65.0	8	1.0
5	11/08/2019	600	75.0	12	1.5
6	05/11/2019	680	85.0	6	0.8

Fuente: Elaboración propia

4.8.1. Análisis de la confiabilidad final

Se realiza el mismo procedimiento empleado en el punto 4.4.1 Análisis de confiabilidad inicial.

Una vez obtenidos los parámetros de Weibull representados en la TABLA N°14, podemos calcular la confiabilidad actual ($R(t)$) según la Ecu21, probabilidad de falla ($F(t)$) según la Ecu22, el tiempo medio entre fallas (*MTBF*) según la Ecu25 y la tasa de falla ($\lambda(t)$) según la Ecu24. Lo podemos ver en la TABLA N° 16.

Como punto importante se empleó la ley de Weibull de forma biparamétrica(Forma y escala), SOLO para observar la influencia que tiene calcular el parámetro de localización, demostrándolo en la TABLA N°15, gráficamente en la Figura N°.

Tabla N° 14: Cálculo de los parámetros de Weibull para la Confiabilidad Final

DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA CONFIABILIDAD INICIAL											
EMPRESA	TRANSPORTES PAKATNAMU SAC				PARÁMETROS DE WEIBULL		N	6	MIN TBF-0.1	199.9	
EQUIPO	TRACTOCAMIÓN FREIGHTLINER 2012				β	1.67	R	0.99030	"R" IDEAL	1	
SISTEMA	General				η	416.904	Δ R	0.00970	R2f	0.981	
FECHA INICIO	01/12/2018				γ	82.43	AJUSTE DE EJES				
N	FECHA	TBF (Horas)	F (i)	COORDENAD. [TBF ; F (i)]	EJE "X"	EJE "Y"	TBF(t - γ)	EJE "X"	EJE "Y"	R_i (t)	
1	28/12/2018	200	10.94%	[200 ; 10.94]	5.30	-2.16	117.57	4.77	-2.16	0.887	
2	03/02/2019	280	26.56%	[280 ; 26.56]	5.63	-1.18	197.57	5.29	-1.18	0.751	
3	22/03/2019	360	42.19%	[360 ; 42.19]	5.89	-0.60	277.57	5.63	-0.60	0.603	
4	27/05/2019	520	57.81%	[520 ; 57.81]	6.25	-0.15	437.57	6.08	-0.15	0.338	
5	11/08/2019	600	73.44%	[600 ; 73.44]	6.40	0.28	517.57	6.25	0.28	0.238	
6	05/11/2019	680	89.06%	[680 ; 89.06]	6.52	0.79	597.57	6.39	0.79	0.161	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 15: Cálculo biparamétrico de confiabilidad final segun Ley de Weibull

VALORES ANTES DE CALCULAR EL "γ"	
Ri	0.98899
R2i	0.978103454
b	-13.710
β	2.20
η	505.726

Fuente: Elaboración propia

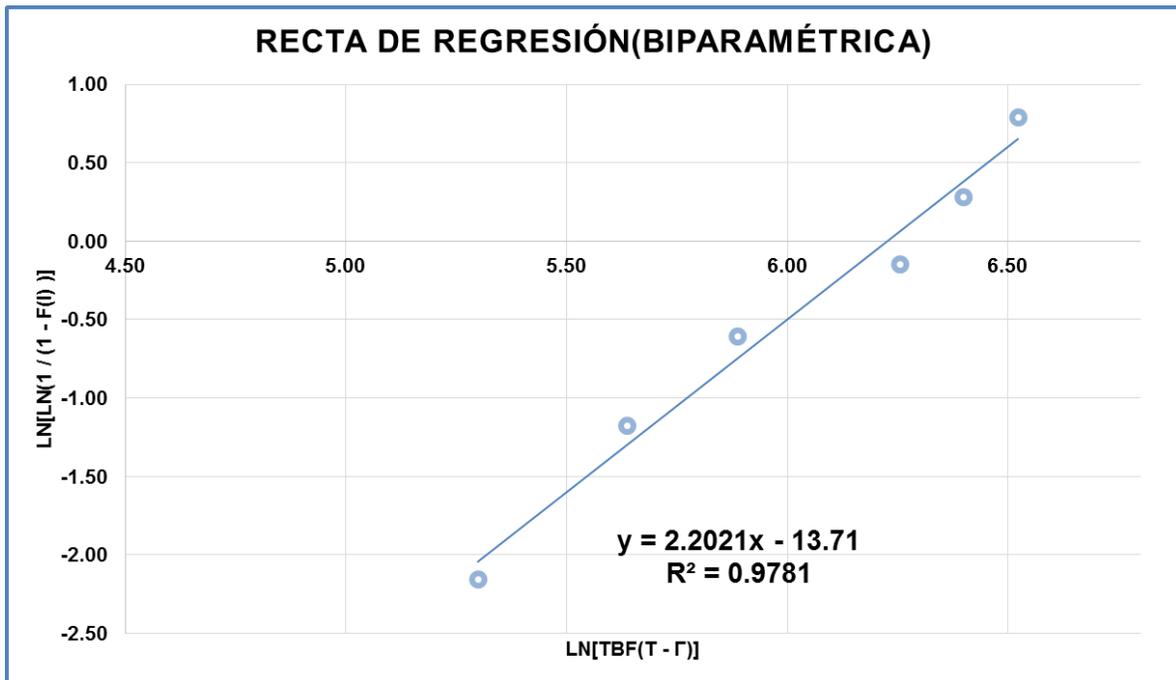


Figura 46: Recta de regresión de confiabilidad final – bipamétrica

Fuente: Elaboración propia

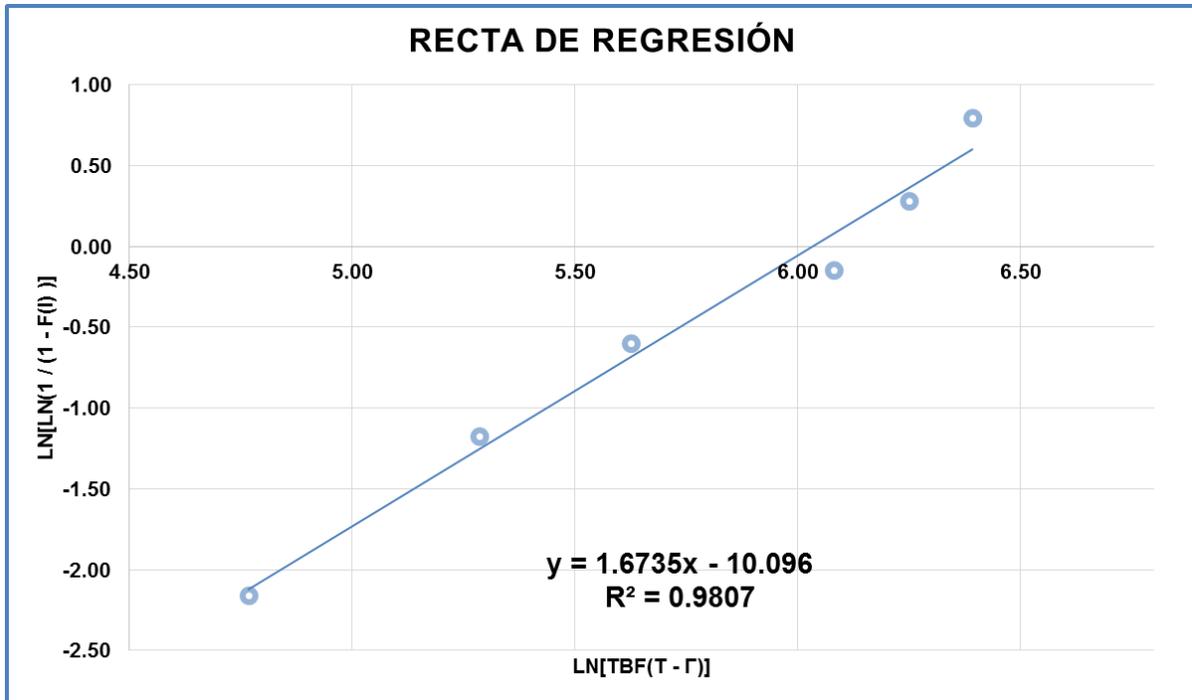


Figura 47: Recta de regresión para datos finales de confiabilidad

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 16: Cálculo de MTBF, confiabilidad, probabilidad de fallo y tasa de fallo finales

CONFIABILIDAD [R(t)]	PROB. DE FALLOS [F(t)]	MTBF (Horas)	TASA FALLO [λ(t)]
<u>82.18%</u>	17.82%	454.83	0.003720

Fuente: Elaboración propia

4.8.2. Análisis de la mantenibilidad final

Se realiza el mismo procedimiento empleado en el punto 4.4.1 Análisis de confiabilidad inicial.

Una vez obtenidos los parámetros de Weibull representados en la TABLA N°17, podemos calcular la confiabilidad actual ((t)) según la Ecu21, probabilidad de falla ((t)) según la Ecu22, el tiempo medio entre fallas (**MTBF**) según la Ecu25 y la tasa de falla ((t))según la Ecu24. Lo podemos ver en la TABLA N° 19.

Tabla N° 17: Cálculo de los parámetros de Weibull para la Mantenibilidad final

DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA MANTENIBILIDAD FINAL										
EMPRESA : TRANSPORTES PAKATNAMU SAC					PARÁMETROS DE WEIBULL		N : 6		MIN TBF-0.1	5.9
EQUIPO : TRACTOCAMIÓN FREIGHTLINER 2012					β : 1.90		R : 0.99350		"R" IDEAL	1
SISTEMA : General					η : 12.06		ΔR : 0.00650		R2	0.987
FECHA INICIO : 01/12/2018					γ : 1.87		AJUSTE DE EJES			
N	FECHA	TTR (Horas)	F (i)	COORDENAD. [TBF ; F (i)]	EJE "X"	EJE "Y"	TBF(t - γ)	EJE "X"	EJE "Y"	M _i (t)
1	05/11/2019	6	10.94%	[6 ; 10.94]	1.79	-2.16	4.13	1.42	-2.16	0.878
2	27/05/2019	8	26.56%	[8 ; 26.56]	2.08	-1.18	6.13	1.81	-1.18	0.758
3	03/02/2019	11	42.19%	[11 ; 42.19]	2.40	-0.60	9.13	2.21	-0.60	0.555
4	11/08/2019	12	57.81%	[12 ; 57.81]	2.48	-0.15	10.13	2.32	-0.15	0.488
5	22/03/2019	16	73.44%	[16 ; 73.44]	2.77	0.28	14.13	2.65	0.28	0.259
6	28/12/2018	21	89.06%	[21 ; 89.06]	3.04	0.79	19.13	2.95	0.79	0.090

Fuente: Elaboración propia

Como punto importante se empleó la ley de Weibull de forma biparamétrica (Forma y escala), SOLO para observar la influencia que tiene calcular el parámetro de localización, demostrándolo en la TABLA N°18, gráficamente en la Figura N°48.

Tabla N° 18: Cálculo biparamétrico de Mantenibilidad final según Ley de Weibull

VALORES ANTES DE CALCULAR EL "γ"	
Ri	0.98940
R2i	0.978918676
b	-6.114
β	2.31
η	14.084

Fuente: Elaboración propia

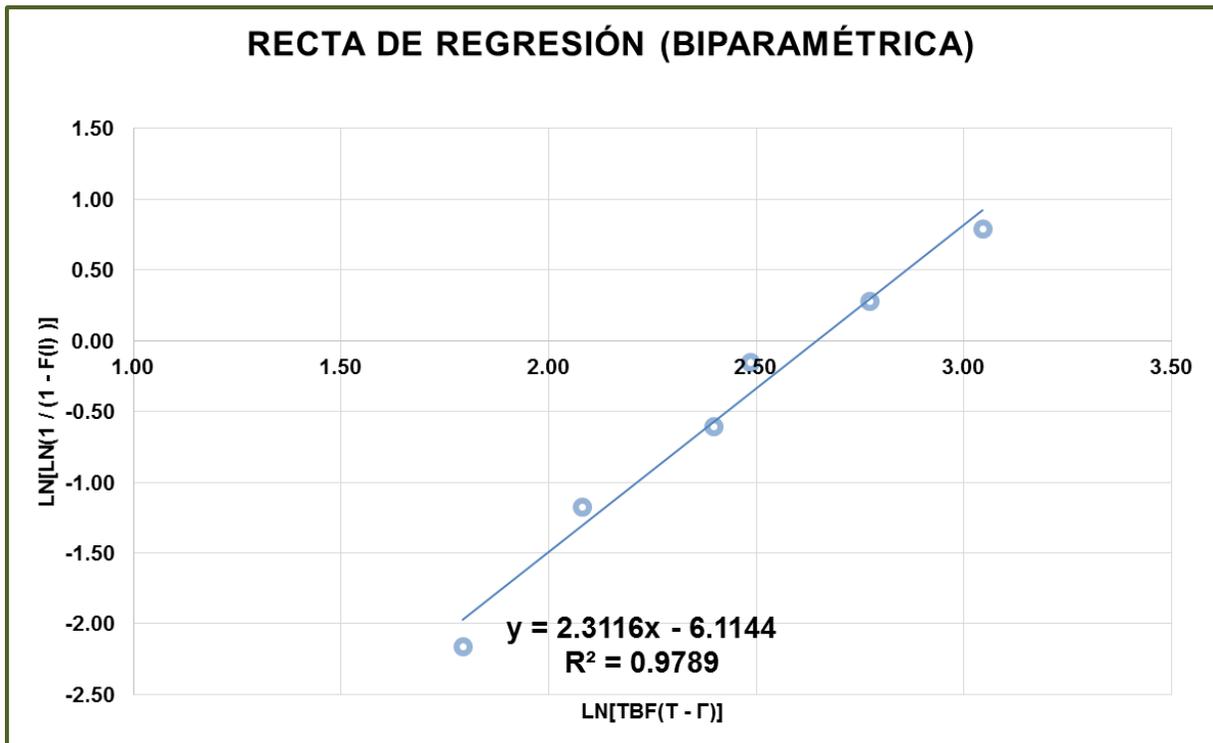


Figura 48: Recta de regresión de Mantenibilidad final – biparamétrica

Fuente: Elaboración propia

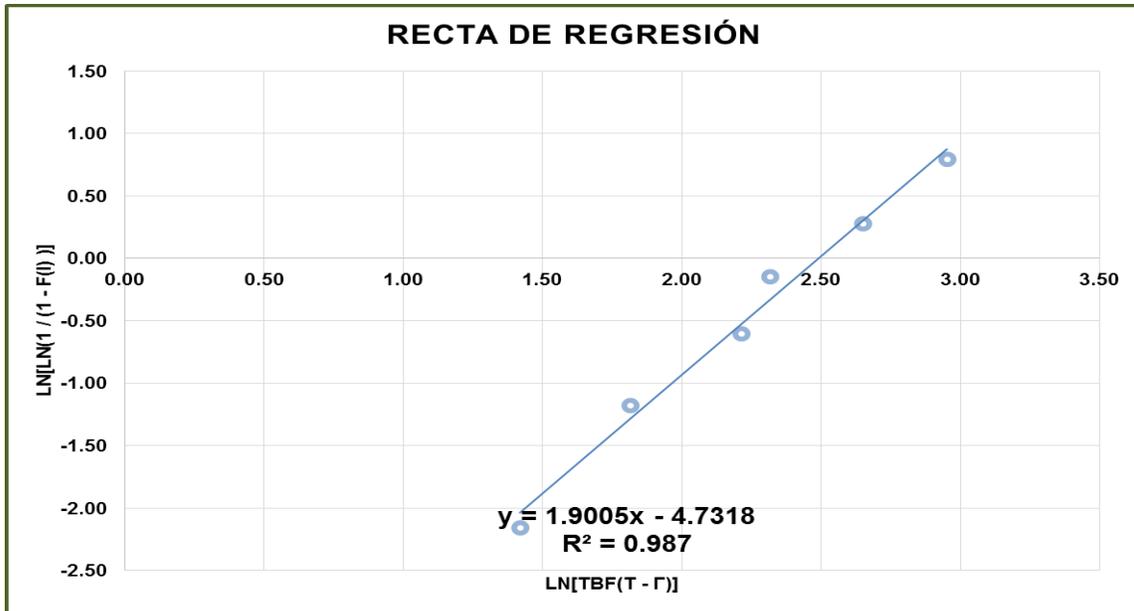


Figura 49: Recta de regresión para datos finales de mantenibilidad

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 19: Cálculo de MTTR, mantenibilidad y tasa de reparación final

MANTENIBILIDAD [M(t)]	MTTR (Horas)	TASA REPARACIÓN [λ(t)]
78.55%	12.57	0.141531

Fuente: Elaboración propia

En función de tiempos medios entre fallas (MTBF) y los tiempos medios de reparación (MTTR) iniciales podemos calcular la disponibilidad inicial, ver TABLA N° 20, según la Ecu20.

Tabla N° 20: Cálculo de la disponibilidad final

MTBF (Horas)	MTTR (Horas)	DISPONIBILIDAD FINAL D(t)
454.83	12.57	97.31%

Fuente: Elaboración propia

4.9. Comparación de disponibilidad inicial vs disponibilidad final

Como se muestra en la siguiente TABLA N°21.

Tabla N° 21: Comparación de disponibilidad inicial y final

	ANTES DEL MCC	DESPUES DEL MCC	DIFERENCIA
CONFIABILIDAD [R(t)]	37.56%	82.18%	44.62%
MTBF (Horas)	196.05	454.83	258.77
MANTENIBILIDAD [M(t)]	64.93%	78.55%	13.61%
MTTR (Horas)	39.43	12.57	-26.86
DISPONIBILIDAD D(t)	83.26%	97.31%	14.05%

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADO

5.1. Resultados en tablas y gráficos

5.1.1. Hojas de trabajo de información

Tabla N° 22: Hoja de trabajo para motor MBE4000

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°		1 DE 17		
EQUIPO :		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012		SISTEMA:		MOTOR		
FACILITADOR :		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA		COMPONENTE:		MOTOR MBE 4000		
						INICIO		
						FINAL		
						01/12/2017		
						01/12/2019		
FUNCIÓN - [F]		TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]		EFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]	
1	Convertir la energía calorífica en energía mecánica.	FUNCIONAL	Pérdida de potencia en el motor.	A	Inyector de combustible averiado	Dosificación irregular de combustible causando ruidos anormales en en tren de balancines.	1	Rotura de fleje de retencion de combustible.
						No hay ingreso de combustible	2	tobera de inyector obstruida
						codigo de fallas SID 001 al 006 en el tablero.	3	Falta de contunuidad de corriente hacia las bombas solidarias de combustible.
				B	Pérdida de presión en bomba de transferencia.	Presencia de humo blanco a las salida de gases de escape.	1	Engranajes de bomba de tranferencia presentan cavitacines en su estructura.
						Pérdida de carga de motor al momento de la aceleracion.	2	Fuga de combustible por conductos de succion del tanque de combustible hacia la bomba.
				C	Sensor de presión de combustible defectuoso	Entrega de informacion erronea al ECM (modulo de control electronico)	1	Descompensacion en la entrega de combustible hacia los inyectores/presencia de testigo CHECK en el tablero de instrumentos.
						Motor sufre al momento de encender	2	Filtro de combustible sucio, no permite el paso necesario del combustible para su optimo desempeño.
						Inestabilidad a bajas RPM	3	Resistencia de cableado del sensor, recalentamiento de cables electrico, cable electrico puesto a tierra.

				D	Excesivo consumo de combustible	Presencia de humo de color gris a la salida de gases de escape	1	Holgura de válvulas de admisión y escape fuera del rango permitido.
						inyector no pulveriza	2	La tobera del inyector se encuentra completamente abierta, por lo que no se ejerce la presión para que el combustible sea pulverizado.
2	Lubricar partes internas	FUNCIONAL	Baja presión del aceite.	A	Aceite diluido	El aceite diluido no tiene las mismas propiedades que el aceite normal por lo que no circula por el motor con la presión correcta produciendo rozamiento y desgaste de las piezas del motor.	1	Aceite no cumple con las condiciones de trabajo requeridas, acelerando su degradación.
						Desgaste prematuro en los engranajes de la bomba de aceite.	2	Presencia de combustible en el aceite, causando pérdida de sus propiedades.
						Cilindros de motor rayados	3	Aceite no soporta altas temperaturas como en la cámara de combustión, ocasionando rayaduras en los cilindros.
				B	Filtro de aceite obstruido	El filtro de aceite obstruido no deja pasar el aceite causando que no entre al motor con la presión adecuada, lo cual produce rozamiento y desgaste en las piezas del motor.	1	Filtro de aceite no cumple con las condiciones de trabajo
				C	Sensor de presión de aceite averiado	Errada lectura de información hacia la ECU.	1	Protector de cableado roto, causando recalentamiento en los cables a causa de la temperatura generada en el motor.
						Pernos de sujeción de sensor flojos.	2	Vibraciones, rosca de tornillo defectuosos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 23: Hoja de trabajo para turbobreak

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°	2 DE 17			
EQUIPO	:	TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012	SISTEMA:	MOTOR	INICIO 01/12/2017			
FACILITADOR	:	JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA	COMPONENTE:	TURBO BREAK	FINAL 01/12/2019			
FUNCIÓN - [F]		TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]	EFFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]		
3	Comprimir el aire que ingresa al motor generando mayor potencia. Así mismo actúa como freno de motor.	FUNCIONAL	Pérdida de potencia en el motor.	A	Turbo freno averiado	Turbina de escape atrapada por la mordaza del turbofreno	1	Exceso de activación del turbofreno causando sobrecalentamiento en los componentes
						Turbina de escape presenta deformaciones.	2	Desprendimiento de asiento de válvulas de motor causando impacto en los alaves de la turbina de escape
						Sonido extraño en la turbina de escape.	3	Exceso de RPM sobre los 2200, esto conlleva a recalentamiento de componentes internos.
				B	Conexiones de alimentación de aire en mal estado	Desplazamiento lento del pistón de activación del turbofreno	1	Electroválvula de turbofreno en mal estado, ocasionando fugas de aire internas.
						Tiempo de respuesta de frenado prolongado.	2	Deterioro de mangueras, exposición a condiciones climáticas cambiantes, temperatura.
				C	Turbo compresor averiado	Turbina compresora presenta impactos en sus alaves	1	Presencia de partículas extrañas dentro del sistema.
						Rozamiento del caracol de admisión	2	Juego excesivo de la turbina compresora de admisión.
				D	Núcleo del turbo compresor averiado	Presencia de humo azul a la salida de gases de escape.	1	Válvula de liberación de gases de escape averiada, causando sobrecarga de gases de escape en el núcleo.

					Turbina compresora de admision fuera de su lugar.	2	Tuerca de sujecion de sujecion de turbina fuera de su lugar.
					Agarrotamiento del nucleo del turbo.	3	Acceso de lubricacin hacia el nucleo del turbo obstruido.
				E	Cojinetes averiados	1	Escasa lubricacion en los apoyos/el aceite no cumple con los propositos de trabajo.
				F	Valvula proporcional averiada.	1	Circuito de activacion averiado/fugas de aire internas.
					Perdida de control del activacion del turbofreno	2	Cortocircuito en la valvula proporcional, impacto con agente tercero, conector electrico defectuoso.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 24: Hoja de trabajo para Radiador-Intercooler

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°	3	DE 17	
EQUIPO	:	TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012		SISTEMA:	REFRIGERACIÓN	INICIO	01/12/2017
FACILITADOR	:	JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA		COMPONENTE:	RADIADOR-INTERCOOLER	FINAL	01/12/2019
FUNCIÓN - [F]	TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]	EFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]		
4	FUNCIONAL	Perdida de liquido refrigerante	A	Rotura de panel de enfriamiento	Aumento de temperatura en el motor.	1	Presencia de objeto extraño generando impacto en el panel.
			B	Valvula termostatica averiada.	Embolo de activacion de gases no funciona correctamente.	1	Nivel de oxidacion del liquido alto, generando presencia de burbujas de aire dentro del sistema.

Fuente: Elaboración propia

5	Mantiene la temperatura de trabajo	FUNCIONAL	Sobrecalentamiento del motor	A	Bomba de refrigerante defectuosa.	La bomba de refrigerante no introduce suficiente refrigerante por lo que el motor se sobrecalienta.	1	La bomba de agua tiene las aspas rotas, rodamientos defectuosos, polea de la bomba floja, juntas en mal estado o cavitación.
						El deterioro del retén de la bomba de agua produce fugas que llevan a un aumento del consumo de refrigerante.	2	Instalación inadecuada de la bomba de agua o uso inadecuado de sellos/juntas o selladores.
						Baja circulación de refrigerante del motor hacia el radiador.	3	Termostato averiado, puede causar una sobrepresión o el sobrecalentamiento del refrigerante que puede ocasionar grietas.
				B	Grietas en tubos del sistema de refrigeración/Abrazaderas en mal estado.	Estas grietas producen fugas que aumentan el consumo de refrigerante y provocan el sobrecalentamiento del motor.	1	Abrazaderas flojas, refrigerante en mal estado o no cumple con las especificaciones del fabricante
						C	Acumulación de sedimentos en la bomba	La acumulación de sedimentos, lodos e incrustaciones obstruyen e impiden el correcto funcionamiento de la bomba de agua la cual no suministra la cantidad necesaria de refrigerante.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 25: Hoja de trabajo para Embrague

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°	4 DE 17			
EQUIPO :	TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012		SISTEMA:	TRANSMISIÓN	INICIO 01/12/2017			
FACILITADOR :	JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA		COMPONENTE:	EMBRAGUE	FINAL 01/12/2019			
FUNCIÓN - [F]	TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]	EFFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]			
6	Liberar el conjunto embrague de la volante del motor	FUNCIONAL	Dificultad en el ingreso de marchas.	A	Pedal de accionamiento del embrague sin juego libre.	Carrera de activación del embrague prolongada.	1	Regulación inapropiada del embrague, fuera de los parámetros establecidos por el fabricante.

				B	Presencia de grasa en el disco de acoplamiento.	Rotura de reten de rodamiento del collarín	1	Excesiva lubricación generando sobrecarga al reten del rodamiento.
				C	Tornillo regulador averiado	Rotura del fleje del tornillo regulador	1	Tornillo regulador sin mantenimiento, causando endurecimiento en sus componetes de regulación
7	Transmitir la potencia generada por el motor hacia la caja de cambios	FUNCIONAL	Perdida de fuerza de desplazamiento	A	Disco de embrague en mal estado	sonido anormal en el conjunto de embrague, generando pérdida de fuerza afectando en el desplazamiento del vehículo	1	Tiempo de vida útil finalizado, otra de las causas se origina por una inadecuada operación del sistema acortando su durabilidad.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 26: Hoja de trabajo para Caja de Cambios

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°	5	DE 17
EQUIPO :	TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012			SISTEMA:	TRANSMISIÓN	INICIO 01/12/2017
FACILITADOR :	JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA			COMPONENTE:	CAJA DE CAMBIOS	FINAL 01/12/2019
FUNCIÓN - [F]	TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]	EFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]	
8 Elemento encargado de obtener en las ruedas el par motor suficiente para poner en movimiento el vehículo desde el estado de inercia y una vez en marcha.	FUNCIONAL	Caja se neutraliza	A Sellos de separación de aceite con el aire en mal estado.	Embolo de activación de marcha se desplaza con lentitud	1	Presencia de aceite en la cámara de aire, causando resistencia al desplazamiento del embolo y a su vez pérdida de presión de aire.
			B Selector de rango averiado	Dificultad para la selección de cambios	1	Desgaste del freno sincronizador de cambios, causando dificultad al momento de seleccionar los cambios.

9	Multiplicar velocidades, según el cambio	FUNCIONAL	Sobrecalentamiento de la caja de cambios	A	Falta de aceite	Incremento de la temperatura del fluido	1	Bajo nivel de aceite lubricante, acelerando deterioro del aceite por insuficiencia.
				B	Enfriador de aceite defectuoso	Acumulación de sedimentos, lodo, partículas aumentando el intervalo de tiempo de enfriamiento	1	Aceite no cumple con las exigencias de trabajo requerida, causando su degradación a corto plazo.
				C	Bomba de aceite averiada	Rodamientos y engranajes muestran pigmentación azulada por falta de lubricación.	1	Tubo sedazo de la bomba de aceite obstruido, evitando el paso del aceite. Así mismo rotor de la bomba dañado por falta de lubricación.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 27: Hoja de trabajo para Caja de dirección

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°		7 DE 17	
EQUIPO :		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012		SISTEMA:		DIRECCIÓN	
FACILITADOR :		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA		COMPONENTE:		CAJA DE DIRECCION	
						INICIO 01/12/2017	
						FINAL 01/12/2019	
FUNCIÓN - [F]		TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]		EFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]
11	Generar presión de fluido para lubricar componentes internos y facilitar la resistencia al giro	FUNCIONAL	Pérdida de fluido en el circuito hidráulico.	A	Sonido extraño en el sistema	Dificultad para realizar el giro de izquierda a derecha o viceversa	1 Nivel de fluido debajo de lo permitido, fuga por las cañerías y/o mangueras, abrazaderas en mal estado.
				B	Deposito de fluido hidráulico averiado	Pernos de sujeción flojos	1 Daño del depósito de fluido por rozamiento con otros componentes debido a no encontrarse en su posición correcta.
				C	Reten de caja de dirección defectuoso.	Fuga de aceite hidráulico entre el reten y el eje SIN-FIN.	1 Exceso de carga, causando sobreesfuerzo en el sistema de dirección ocasionando daño al reten.

12	Conjunto de mecanismos encargados de transformar la rotación del volante en un movimiento de traslación que se transmite a través de los brazos de dirección hacia las ruedas	FUNCIONAL	Caja de dirección con dificultad al momento de realizar los giros	A	Filtro del sistema de dirección obstruido.	Chirrido en la caja de dirección.	1	Papel filtrante de deteriorado, evitando el paso del fluido hidráulico, ocasionando resistencia al girar.
				B	Servodirección averiado	Rotor y cilindro presentan rayaduras.	1	Fluido hidráulico pierde sus propiedades de lubricación a temperatura de trabajo, causando rozamiento entre los componentes internos.
				C	Cilindro de la caja de dirección presenta rayaduras.	Perdidas de fluido hidráulico en diferentes partes del cilindro generando pérdida de presión hacia las válvulas. Como consecuencia endurecimiento en el volante.	1	Cavitación en el cilindro a causa de que el fluido hidráulico pierde sus propiedades de lubricación.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 28: Hoja de trabajo para Pines-Bocinas

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°	8 DE 17			
EQUIPO	:	TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012	SISTEMA:	DIRECCIÓN	INICIO 01/12/2017			
FACILITADOR	:	JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA	COMPONENTE:	PINES-BOCINAS	FINAL 01/12/2019			
FUNCIÓN - [F]	TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]	EFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]			
13	Brindar estabilidad a los muñones de dirección con respecto hacia las ruedas direccionales facilitando su maniobrabilidad y evitando el desgaste prematuro de los neumáticos.	FUNCIONAL	Desgaste irregular de los neumáticos.	A	Laina de dirección rota.	Juego axial en el muñon de dirección.	1	Falta de lubricación (engrase), el cual causa rozamiento entre dos componentes metálicos.

				B	Bocina de pin de direccion deteriorada	Juego longitudinal del muñon de direccion	1	Falta de lubricacion (engrase), el cual causa rozamiento entre dos componentes metalicos.
				C	Terminales de direccion flojos	Vibracion de las ruedas delanteras en linea recta.	1	Condiciones de trabajo extremas, tiempo de trabajo, exceso de carga a transportar.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 29: Hoja de trabajo para Bolsas de Aire

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°		9 DE 17		
EQUIPO	:	TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012		SISTEMA:	SUSPENSIÓN		INICIO	01/12/2017
FACILITADOR	:	JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA		COMPONENTE:	BOLSAS DE AIRE		FINAL	01/12/2019
FUNCIÓN - [F]		TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]		EFFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]	
14	Brindar mayor confort tanto al conductor como a la carga que este transporta, asi mismo ayuda a que las ruedas se adecuen de una mejor maneja a las diferentes superficies a las que son expuestas.	FUNCIONAL	Bolsar de aire no levantan a su altura correcta.	A	Agrietamiento en la bolsa de aire	Aumento de rigidez en el sistema de suspension, asi mismo fuga permanente de aire.	1	Presencia de cuerpos extraños en la bolsa de aire, exceso de carga acelerando el periode de vida util de la bolsa de aire.
				B	Valvula de nivel de bolsas averiada	Perdida de presion de aire en las valvulas check de alimentacion directa	1	Sellos rotos, causando ingreso de cuerpos extraños en la valvula.
				C	Manguera defectuosa	Fuga de aire	1	Rozamiento con otro elemento, impacto con cuerpo extraño encontardo en el medio ambiente.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 30: Hoja de trabajo para Muelles

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°	10 DE 17			
EQUIPO	:	TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012	SISTEMA:	SUSPENSIÓN	INICIO	01/12/2017		
FACILITADOR	:	JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA	COMPONENTE:	MUELLES	FINAL	01/12/2019		
FUNCIÓN - [F]		TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]	EFFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]		
15	Elemento del sistema de suspension encargado de disminuir la fuerza de torsion que se ocasiona a causa de los giros que el vehiculo realiza	FUNCIONAL	Desgaste irregular en la ruedas de traccion	A	Bocina o buje de muelle averiada.	Perdida simetria en los ejes de traccior	1	Tiempo de vida util finalizado, otra de las causas se origina por las condiciones de trabajo a las que son sometidos acortando su durabilidad.
				B	Perno de sujecion roto	Desgaste de bocinas de muelle, daños a las bases de sujecion.	1	Vibraciones constantes, frecuencia de enfrentamiento a terrenos defectuosos permanente. Fuerzas de impacto.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 31: Hoja de trabajo para Amortiguadores

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°	11 DE 17			
EQUIPO	:	TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012	SISTEMA:	SUSPENSIÓN	INICIO	01/12/2017		
FACILITADOR	:	JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA	COMPONENTE:	AMORTIGUADORES	FINAL	01/12/2019		
FUNCIÓN - [F]		TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]	EFFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]		
16	Elemento del sistema de suspension encargado de absorber y controlar las oscilaciones del vehiculo, brindando confort, estabilidad para lograr una mayor adherencia del neumatico al piso.	FUNCIONAL	Inestabilidad del vehiculo	A	Amortiguador averiado	Fuga de aceite del amortiguador	1	Vibraciones constantes, nivel de bolsas de suspension inadecuadas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 32: Hoja de trabajo para Zapatas-Tambores

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°		12 DE 17		
EQUIPO		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012		SISTEMA:		PRESION DE AIRE-FRENOS		
FACILITADOR		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA		COMPONENTE:		ZAPATAS-TAMBORES		
INICIO				FINAL		01/12/2019		
01/12/2017								
FUNCIÓN - [F]		TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]		EFECTOS DE FALLO		CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]
17	Conjunto de mecanismos del sistema de frenos encargados de reducir la velocidad del vehículo de manera eficaz y segura	FUNCIONAL	Deficiencia de frenado	A	Zapatas cristalizadas	incremento de tiempo de frenado	1	Exceso de carga del vehículo, frecuencia de utilización del freno fuera de lo normal, manejo ofensivo.
				B	Tambores cristalizados.	incremento de tiempo de frenado	1	Exceso de carga del vehículo, frecuencia de utilización del freno fuera de lo normal, manejo ofensivo.
				C	Chicharra de freno defectuosa	Tiempo de respuesta de liberación de la rueda prolongado.	1	Falta de mantenimiento (engrase)
				D	Cilindro neumatico averiado	Agrietamientos en el diafragma, fuga de aire.	1	Prescencia de agua y/o partilas extrañas en el diafragma.
				E	Rueda no gira	Incremento de temperatura en el neumatico	1	Errada regulacion de frenos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 33: Hoja de trabajo para Presión de Aire

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°		13 DE 17		
EQUIPO :		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012		SISTEMA:		PRESION DE AIRE-FRENOS		
FACILITADOR :		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA		COMPONENTE:		PRESION DE AIRE		
INICIO		FINAL		01/12/2017		01/12/2019		
FUNCIÓN - [F]		TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]		EFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]	
18	Mantener a los diferentes mecanismos en su adecuada condición de trabajo, facilitando la maniobrabilidad al conductor y mejorando los tiempos de respuesta.	FUNCIONAL	El aire del sistema es insuficiente	A	Gobernador de aire defectuoso	No permite el ingreso de aire al sistema (tanques de aire)	1	Rotura de muelle de control de paso de aire
				B	Valvula check de paso de aire averiada	Sin paso de aire al sistema	1	Presencia de partículas extrañas en valvula check, conductos de ingreso de aire abiertos, falta de mantenimiento a valvula check.
				C	Fugas de aire	Deficiencia en alimentación de aire al sistema	1	Valvulas de distribución de aire presentan fugas
						Masa de ventilador no se desactiva	2	Sellos en mal estado
						El aire se descarga al pisar el pedal del freno.	3	Switch de presión de aire en averiado.
						Desfogue de aire del secador no controla el cierre de aire.	4	Valvula de check de presión de aire averiada.
				D	Filtro secador obstruido	Incremento de tiempo de llenado de aire al sistema	1	Humedad en el papel filtrante

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 34: Hoja de trabajo para Tornamesa

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°		14 DE 17	
EQUIPO		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012		SISTEMA:		CANIBA-CHASIS	
FACILITADOR		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA		COMPONENTE:		TORNAMESES	
INICIO				FINAL		01/12/2019	
FUNCIÓN - [F]		TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]		EFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]
19	Mecanismo de seguridad que sirve para matener acoplado el semiremolque al camion facilitando las maniobras durante la conduccion.	FUNCIONAL	Ruidos anormales.	A	Desgaste de mordaza de acoplamiento.	Golpe u impacto al momento de poner en marcha al vehiculo.	1 Vibraciones, Sobrecarga, Condiciones extremas de trabajo.
				B	Tornamesa agrietada.	Desgaste prematuro de quinta rueda	1 Grasa lubricante no cumple con las condiciones de trabajo a la qu esta sometida, presencia de silicio.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 35: Hoja de trabajo para Arrancador

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°		15 DE 17	
EQUIPO		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012		SISTEMA:		ELÉCTRICO	
FACILITADOR		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA		COMPONENTE:		ARRANCADOR	
INICIO				FINAL		01/12/2019	
FUNCIÓN - [F]		TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]		EFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]
20	Vencer la resistencia inicial de los componentes del motor facilitando el encendido del mismo.	FUNCIONAL	Arrancador no gira y/o gira lento	A	Fusible averiado	Perdida de corriente hacia el arrancador	1 Recalentamiento del cableado, Presencia de agua en el portafusibles.
				B	Solenoide de arranque defectuoso	Genera insuficiente energia para impulsar a la volante del motor	1 Escobillas de transmision de corriente desgastadas.
						Piñon no se dezplaza hacia la volante	1 Muelle de impulsion de piñon bendix roto.

				C	Cable de alimentacion averiado	No hay corriente de alimentacion hacia el arrancador	1	Surfactacion de cableado, terminales surfactados.
				D	Bateria baja	Deficiencia de energia	1	Consumidor de corriente permanente no detectado, originando consumo con el motor apagado.
				F	Portaescobillas defectuoso	Inducido gira lento	1	Presencia de limaya en el inducido, vibraciones.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 36: Hoja de trabajo para Alternador

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°		16 DE 17			
EQUIPO :		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012		SISTEMA:		ELÉCTRICO		INICIO	01/12/2017
FACILITADOR :		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA		COMPONENTE:		ALTERNADOR		FINAL	01/12/2019
FUNCIÓN - [F]		TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]		EFECTOS DE FALLO		CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]	
21	Encargado de transformar la energía mecánica en energía eléctrica, siendo esta suministrada hacia una fuente de almacenamiento (baterías)	FUNCIONAL	La batería se agota	A	Faja de alternador rota	No se genera energía eléctrica		1	Temperatura, condiciones extremas de trabajo, tiempo de vida útil superado, presencia de cuerpos extraños.
				B	Polea de accionamiento averiada	Sonido anormal en el alternador, pérdida de voltaje.		1	Rodamiento de polea averiado, pérdida de lubricación de rodamiento causando fusión entre componentes metálicos.
				C	Portadiodos averiado	Circuito abierto de paso de corriente hacia las baterías		1	Vibraciones, condiciones de trabajo extremas.

				D	Cable de alimentacion averiado	No llega corriente hacia las baterias	1	Terminales rotos, Vibraciones, cables surfactados.
--	--	--	--	---	--------------------------------	---------------------------------------	---	--

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 37: Hoja de trabajo para Baterias

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°		17 DE 17		
EQUIPO :		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012		SISTEMA:		ELÉCTRICO		
FACILITADOR :		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA		COMPONENTE:		BATERIAS		
INICIO				FINAL		01/12/2019		
FUNCIÓN - [F]	TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]		EFFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]		
22	Elemento encargado de proveer la energía eléctrica al arrancador para poner en marcha al motor, así mismo actúa como un estabilizador de voltaje en el sistema eléctrico del vehículo	FUNCIONAL	Sobrecarga en las baterias	A	Cortocircuito en las placas	bateria se descarga muy rapido	1	Voltages de carga superiores a 15.5 voltios deformando las placas como resultado del calor de la sobrecarga.
				B	Borne de bateria averiado	Perdida de energia	1	Vibraciones, tuercas de sujecion de bornes flojas.
				C	Bateria averiada	Deficiencia de alimentacion al sistema electrico	1	Pernos de sujecion flojos

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Hoja de decisiones.

Tabla N° 38: Hoja de decisiones para Motor

HOJA DE DECISION ES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER		SISTEMA : MOTOR		FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 01					
			COMPONENTE : MOTOR		FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR		FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17					
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR		
							H1	H2	H3				H4	H5
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3					
							O1	O2	O3					
							N1	N2	N3					
1	A	1	Si	No	No	Si	Si					Inspeccion de funcionamiento/Realizar pruebas de corte y desempeño en tiempo de inyeccion con el escaner periodicamente, de ser necesario reepmalzar inyectores.	SEMANAL	SUPERVISOR
1	A	2	No	No	No	Si	Si					Pueba de presion de combustible, escaneo de inyectores de corte de cilindro. Limpieza de lineas a de alimentacion de combustible. Reemplazar tobera dañada.	6 MESES	SUPERVISOR
1	A	3	No	No	No	Si						Escaneo de unidad detectando la falla, analisis y su posible solucion, revision general de cableado reparar cableado. Borrar codigos de falla con el scanner.	1 MES	SUPERVISOR
1	B	1	No	No	No	Si						Realizar pruebas de potencia de motor/Medicion de presion de combustible generado por la bomba de transferencia.	3 MESES	SUPERVISOR
1	B	2	Si	No	No	Si						Revisar/Anular fugas de combustible, revisar estado de mangueras de combustible, si es necesario reemplazar mangueras.	1 MES	MECÁNICO
1	C	1	No	Si		No	No	No	Si			Revison de sistema electronico de motor cada 40 000 Km/Limpieza de sensor de presion combustible.	6 MESES	MECÁNICO
1	C	2	No	Si		No	No	No	Si			Se recomienda el cambio de fitro de combustible y el filtro separador de particulas cada 20 000 Km, con la finalidad de proteger al sistema de combustible.	3 MESES	MECÁNICO
1	C	3	No	Si		No	No	No	Si			Revison de cableado del sistema de inyeccion, revision de fusibles, limpieza de sensores y actuadores.	6 MESES	MECÁNICO

1	D	1	Si	No	No	Si							Se recomienda calibracion de tren de balancines (valvula de admision y escape) cada 100 000 Km.	1 AÑO	MECÁNICO
1	D	2	Si	No	No	Si	Si						Comprobar apertura de los inyectores a travez del escaner, reemplazar tobera de inyector, realizar limpieza de cañerías y lapiz inyector.	1 MES	SUPERVISOR
1	A	1	No	No	No	Si							Utilizar un aceite que cumpla con las especificacion del fabricante, asi mismo de debe evaluar las condiciones de trabajo a la que el motor esta sometido a travez de los analisis de aceite.	1 MES	LABORATORIO
1	A	2	No	No	No	Si							Realizar analisis de aceite y determinar la presencia de combustible. Realizar prueba de estanqueidad a las culatas de motor, analizar si es posible su reparacion caso contrario reemplazar culata.	3 MESES	LABORATORIO
1	A	3	Si	No	No	Si							Reemplazar cilindros/Realizar analisis de aceite y determinar el TBN del aceite con la finalidad de analizar el tiempo de vida util del mismo, si no cumple con lo requerido migrar a un uevo producto.	3 MESES	LABORATORIO
1	B	1	No				No	No	Si				Evaluacion del filtro de aceite a utilizar, emplear filtro de buena calidad con el fin de evitar daños prematuros al motor. Reemplazar el filtro de aceite de acuerdo al Km de cambio establecido.	3 MESES	SUPERVISOR
1	C	1	Si	No	No	Si	Si						Revisar/Reparar cableado, cambiar protector de de cableado, asegurar ramal electrico.	3 MESES	MECÁNICO
1	C	2	Si				Si						Revisar par de apriete de tornillos de sujecion de sensor, si la rosca del tornillo de encuentra en mal estado reemplazar tornillo.	3 MESES	MECÁNICO

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 39: Hoja de decisiones para Turbobrake

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR	
							H1	H2	H3				H4
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3				
							N1	N2	N3				
2	A	1	Si	No	No	Si					Se recomienda el uso del turbo freno con un periodo maximo de 10 segundos en su activacion. Asi mismo debe ser desactivado si este no esta siendo utilizado.	DIARIO	CONDUCTOR
2	A	2	Si	No	No	Si	Si				Realizar analisis de emisiones de gases de escape con un OPACIMETRO, reparar culata de motor (cambio de guias y asientos de valvulas)	1 AÑO	SUPERVISOR
2	A	3	Si				Si				Capacitacion de standares de manejo hacia los conductores, scaneo de unidades para analizar su modo de manejo con la finalidad de ayudarlos a mejorar y optimizar el uso de recursos (cuidado de unidades)	6 MESES	JEFE DE MNTO
2	B	1	Si	No	No	Si	Si				Inspeccion de funcionamiento de electrovalvula, revision de fugas de aire/Limpieza de conector electrico.	SEMANAL	MECÁNICO
2	B	2	Si				Si				Revisar/Anular fugas de aire, cambiar mangueras, limpieza de conectores electricos.	3 MESES	MECÁNICO
2	C	1	No				No	No	Si		Inspeccion de conexiones de admision/Cambio de filtro purificador de aire cada 40 000 Km.	3 MESES	MECÁNICO
2	C	2	No				No	No	Si		Reparar/reemplazar turbo compresor	2 AÑOS	MECÁNICO
2	D	1	Si	No	No	Si	Si				Inspeccion de funcionamiento de valvula de liberacion de gases de escape/mantenimiento de valvula de liberacion cada 40 000 Km.	SEMANAL	MECÁNICO
2	D	2	Si	No	No	Si					Cambiar turbina averiada, revision minusiosa de componentes del turbo. Verificar periodacamente el juego axial del turbo y asi evitar este tipo de daños.	3 MESES	MECÁNICO
2	D	3	No				No	No	Si		Cambio de nucleo del turbo, verificar si los caracoles de admision y escape se encuentran en buen estado de lo contrario reemplazar por un turbo nuevo.	3 MESES	MECÁNICO
2	E	1	Si	No	No	Si					Utilizacion de lubricante recomendado por el fabricante/Analizar muestras de aceite para detectar posibles anomalias en el sistema.	3 MESES	LABORATORIO

2	F	1	No	No	No	Si	Si						Inspeccion y/o limpieza de conectores electricos, revision de fugas de aire. Realizar puebas de funcionamiento con el scanner (tiempo de activacion).	1 MES	MECÁNICO
2	F	2	No	No	No	Si	Si						Revisar conector electrico, realizar pruebas de continuidad de corriente para descartar si la bobina de la electrovalvula se encuentra averiada, de lo contrario reemplazar valvula. Inspeccion de conectores y circuito e activacion.	3 MESES	MECÁNICO

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 40: Hoja de decisiones para Embrague

HOJA DE DECISIONES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER				SISTEMA : TRANSMISIÓN				FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 04		
			COMPONENTE : EMBRAGUE				FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR				FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
4	A	1	Si				Si						Regulacion de embrague de acuerdo a lo especificado por el fabricante en este caso 13mm de separacion entre el collarin y en disco de inercia.	1 MES	MECÁNICO
4	B	1	Si				Si						Inspeccion de estado de lubricacion del collarin a travez de prueba de sonido accionando el pedal del embrague. Se recomienda el engrase del rodamiento del collarin cada 20 000 Km.	3 MESES	MECÁNICO
4	C	1	Si				Si						Limpieza y/o mantenimiento al tornillo de regulacion, lubricacion del fleje. De ser necesario reemplazar tornillo regulador por una nuevo, se recomienda realizar dicho mantenimiento cada 40 000 Km.	3 MESES	MECÁNICO
4	D	1	Si				Si						Capacitacion de manejo y/o utilizacion de manera correcta del sistema de embrague al personal operativo, se recomienda realizar puebas de acoplamiento en ruta una vez superado los 400 000 Km de recorrido con el fin de evaluar el estado del conjunto de embrague.	6 MESES	SUPERVISOR

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 41: Hoja de decisiones para Caja de Cambios

HOJA DE DECISIONES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER				SISTEMA : TRANSMISION			FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 05			
			COMPONENTE : CAJA DE CAMBIOS				FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR			FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17			
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3						
5	A	1	Si	No	No	No	Si						Inspeccion de fugas de aceite, de ser necesario reemplazar accesorios de valvula de activacion de cambios. Emplear repuestos originales ya que dicho mecanismo esta expuesto a altas temperaturas.	SEMANTAL	MECÁNICO
5	B	1	No	No	No	Si							Realizar analisis de aceite con la finalidad de determinar el desgaste de los componentes y asi poder evitar daños por atracamiento entre sus componentes.	3 MESES	LABORATORIO
5	A	1	Si				Si						Inspeccion de fugas de aceite, eliminar fugas. Revisar niveles de aceite.	DIARIO	MECÁNICO
5	B	1	Si				Si						Inspeccion/limpieza del enfriador de aceite. Utilizar aceite que cumpla con las especificaciones del fabricante del vehiculo.	1 AÑO	MECÁNICO
5	C	1	Si	No	No	Si	No	No	Si				Reemplazar bomba de aceite averiada por una nueva, limpieza general de los conductos de lubricacion, el cambio de aceite se debe realizar cada 60 000 Km de recorrido previo analisis de aceite.	6 MESES	MECÁNICO

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 42: Hoja de decisiones para Diferenciales

HOJA DE DECISIONES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER				SISTEMA : TRANSMISION				FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 06			
			COMPONENTE : DIFERENCIALES				FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR				FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17			
REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIA				ACCION DE FALLO A FALTA DE			TAREA PROPUESTA				FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR	
							H1	H2	H3							S1
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	N1	N2	N3				
6	A	1	No				Si							Anular fugas de aceite, revision de par de apriete de tornillos de sujecion cada 100 000 Km	1 AÑO	MECÁNICO
6	B	1	No				Si							Cambiar valvula de alivio de ser necesario. Realizar limpieza de valvula cada 40 000 Km de recorrido.	3 MESES	MECÁNICO
6	C	1	Si				Si							Inspeccion de estado de reten de diferencial, limpieza externa de diferenciales.	3 MESES	MECÁNICO
6	D	1	No				No	No	Si					Cambio de filtro de aceite, limpieza general de los conductos de lubricacion. Utilizar filtro que cumplan con las exigencias de trabajo, asi mismo Fijar el periodo de cambio de aceite previo analisis de aceite.	1 AÑO	MECÁNICO
6	E	1	No	No	No	Si								Se recomienda utilizar aceite que cumpla con las especificaciones tecnicas de acuerdo al fabricante del vehiculo. A su vez se debe realizar analisis de aceite con la finalidad de saber cual es el estado de los componentes.	1 AÑO	LABORATORIO

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 43: Hoja de decisiones para Caja de dirección

HOJA DE DECISION ES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER				SISTEMA : DIRECCION				FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 07		
			COMPONENTE : CAJA DE DIRECCION.				FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR				FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17		
REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
7	A	1	Si	No	No	No	Si						Anular fugar, cambio de abrazaderas, cañerías y/o mangueras de ser necesario. Inspección/Rellenar nivel de fluido hidráulico.	SEMANAL	MECÁNICO
7	B	1	No				Si						Inspección visual del estado del depósito de fluido hidráulico, revisar par de apriete de pernos de sujeción si estos no ajustan debe ser reemplazados por pernos nuevos.	3 MESES	MECÁNICO
7	C	1	No				Si						Revisar la carga útil a transportar, así mismo evaluación de las condiciones de trabajo a los que es expuesto, tener en cuenta estos puntos para evitar daños prematuros en el sistema.	DIARIO	SUPERVISOR
7	A	1	No				No	No	Si				Cambiar filtro hidráulico, cambio de fluido hidráulico cada 100 000 Km de acuerdo a las especificaciones del fabricante del vehículo.	1 AÑO	MECÁNICO
7	B	1	No				No	No	Si				Reemplazar servodirección, limpieza general del sistema. Utilizar fluido hidráulico que cumpla con las especificaciones establecida por el fabricante del vehículo.	1 MES	MECÁNICO
7	C	1	No				Si						Utilizar fluido hidráulico de acuerdo a lo estipulado por el fabricante. Reparar/reemplazar cuerpo o cilindro de la caja de dirección.	3 AÑOS	MECÁNICO

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 44: Hoja de decisiones para Pines-Bocinas

HOJA DE DECISIONES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER				SISTEMA : DIRECCION						FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 08	
			COMPONENTE : PINES Y BOCINAS				FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR						FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17	
REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE				TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3							
8	A	1	Si				Si						Inspeccion/revisión de juego axial, de existir cambiar laina de dirección. Se recomienda realizar el engrase de dicho componente cada 20 000 Km.	3 MESES	MECÁNICO	
8	B	1	Si				Si						Reemplazar las bocinas por unas nuevas, así mismo realizar alineamiento y balanceo de las ruedas delanteras para un mejor durabilidad y rendimiento del neumático.	6 MESES	MECÁNICO	
8	C	1	Si				Si						Reparar/Reemplazar terminales de dirección, evaluar condiciones de trabajo y carga a transportar.	6 MESES	MECÁNICO	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 45: Hoja de decisiones para Bolsas de Aire

HOJA DE DECISIONES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER				SISTEMA : SUSPENSION						FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 09	
			COMPONENTE : BOLSAS DE AIRE O FUELLES				FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR						FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17	
REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE				TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3							
9	A	1	Si				Si						Reemplazar bolsa de aire, inspección de bolsas de aire, regular nivel de bolsas de aire teniendo en cuenta que la altura mínima es de 26.5 cm y la máxima es de 30 cm de acuerdo a lo mencionado por el fabricante del vehículo.	6 MESES	MECÁNICO	
9	B	1	Si				Si						Reparar/reemplazar válvula de nivel de bolsa de aire. Limpieza de tanques de aire comprimido cada eliminando el agua que se forma en ellos y alargando la vida útil de la válvula de nivel.	DIARIO	MECÁNICO	

Fuente: Elaboración propia

9	C	1	Si	No	No	Si	Si						Reparar/cambiar manguera de aire, lo mas recomendable seria la utilizacion de un protector de manguera con la finalidad de amortigar y/o eliminar la causa.	6 MESES	MECÁNICO
---	---	---	----	----	----	----	----	--	--	--	--	--	---	---------	----------

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 46: Hoja de decisiones para Muelles

HOJA DE DECISION ES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER					SISTEMA : SUSPENSION			FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 10		
			COMPONENTE : MUELLES					FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR			FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3						
10	A	1	Si	No	No	No	Si						Cambio de bocinas de muelle, realizar geometria vehicular para restablecer medidas establecidas por el fabricante. Realizar inspeccion cada 20 000 Km y asi evitar daños a otros componentes que conforman el sistema de suspension.	1 AÑO	MECÁNICO
10	B	1	Si	No	No	No	Si						Ajustar/cambiar pernos de sujecion, brindar torque indicado de acuerdo a lo que indica el fabricante del vehiculo.	1 AÑO	MECÁNICO

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 47: Hoja de decisiones para Amortiguadores

HOJA DE DECISIONES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER				SISTEMA : SUSPENSION						FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 11				
			COMPONENTE : AMORTIGUADORES				FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR						FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17				
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE				TAREA PROPUESTA		FRECUENCIA INICIAL		A REALIZARSE POR	
							S1	S2	S3										
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3										
11	A	1	Si	No	No	No	Si							Cambio de amortiguador, revisar altura de bolsa establecida por el fabricante, evaluar condiciones de trabajo y buscar la mejor alternativa que se adecue.	6 MESES		MECÁNICO		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 48: Hoja de decisiones para Zapatas-Tambores

HOJA DE DECISIONES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER				SISTEMA : SISTEMA DE FRENOS						FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 12				
			COMPONENTE : ZAPATAS Y TAMBORES				FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR						FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17				
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE				TAREA PROPUESTA		FRECUENCIA INICIAL		A REALIZARSE POR	
							S1	S2	S3										
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3										
12	A	1	Si	No	No	Si	Si							Reparar/Cambiar zapatas de freno, escaneo de unidad para determinar la cuenta de utilizacion de freno y asi poder determinar el estilo de manejo empleado por el conductor.	1 AÑO		MECÁNICO		
12	B	1	Si	No	No	Si	Si							Reparar/Cambiar tambores de freno, escaneo de unidad para determinar la cuenta de utilizacion de freno y asi poder determinar el estilo de manejo empleado por el conductor.	1 AÑO		MECÁNICO		
12	C	1	Si				Si							Limpieza y engrase de chicharra de freno, mejorando su tiempo de respuesta en frenado y liberacion, de ser necesario reemplazar el componente.	1 MES		MECÁNICO		
12	D	2	Si	No	No	Si	Si							Revisar/anular fugas de aire/Inspeccion de cilindros neumaticos, cambio de diafragma, de ser necesario cambiar el cilindro completo.	1 MES		MECÁNICO		
12	E	1	Si	No	No	Si	Si							Regulacion de frenos de manera correcta, girar el regulador de tal manera que la rueda no gire a fuerza propia del tecnico, luego retornar a 90° para liberar la rueda, Verificar que esta gire libremente.	1 MES		MECÁNICO		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 49: Hoja de decisiones para Valvulas y sensores

HOJA DE DECISION ES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER				SISTEMA : PRESION DE AIRE			FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 13			
			COMPONENTE : VALVULAS Y SENSORES				FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR			FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17			
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
13	A	1	Si				Si						Reemplazar gobernador de aire por uno nuevo, realizar pruebas de carga de aire y verificar el gobernador nuevo opera de manera correcta.	1 AÑO	MECÁNICO
13	B	1	Si	No	No	Si	Si						Reparar/cambiar valvula chech, cambio de filtro de aire, ajuste de conexiones de ingreso de aire al compresor, limpieza de de restrictor de aire (indicador de suciedad).	3 MESES	MECÁNICO
13	C	1	Si	No	No	Si	Si						Purgar tanques de aire comprimido, ya que se genera agua dentro de ellos y esto conlleva a la oxidacion de la paredes del tanque afectando a todo el sistema, obstruyendo conductos y acortando la vida util de sus componentes.	DIARIO	MECÁNICO
13	C	2	Si	No	No	Si	Si						Reparar/cambio de accesorios de masa de ventilador (sellos y rodamientos). Revisar conexiones a masa de ventilador.	1 AÑO	MECÁNICO
13	C	3	Si				Si						Reemplazar switch de presion de aire, revisar fugas de aire en el bloque de sensores de aire.	6 MESES	MECÁNICO
13	C	4	Si	No	No	Si	Si						Reparar/cambiar valvula check de presion de aire se recomienda realizar mantenimiento al secador de aire cada 100 000 Km.	1 AÑO	MECÁNICO
13	D	1	Si	No	No	Si	Si						Cambio de filtro purificador de aire, se recomienda realizar dicho cambio cada 100 000 Km con la finalidad de alargar la vida util de los componentes.	1 AÑO	MECÁNICO

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 50: Hoja de decisiones para Chasis-Carroceria

HOJA DE DECISIONES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER				SISTEMA : TORNAMESA O QUINTA RUEDA				FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 14		
			COMPONENTE : CHASIS- CARROCERIA				FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR				FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
14	A	1	Si				Si						Inspeccion de enganche y desenganche, regulacion de tornamesa. Capacitaciones de procedimiento de enganche y desenganche a los conductores y personal de taller. De ser necesario cambiar accesorios de tornamesa.	1 MES	MECÁNICO
14	B	1	Si				Si						Limpieza de quinta rueda, engrase de la misma, utilizar grasa que tenga propiedades que cumplan con lo requerido por el fabricante del vehiculo.	1 MES	MECÁNICO

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 51: Hoja de decisiones para Arrancador

HOJA DE DECISIONES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER				SISTEMA : ELECTRICO				FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 15		
			COMPONENTE : ARRANCADOR				FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR				FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
15	A	1	No	Si		No	No	No	Si				Cambiar fusible, aislar fusible y portafusible de agentes conatminantes que originen su deterioro. Revision de sistema electrico, realizar puebas de arranque.	6 MESES	MECÁNICO
15	B	1	No	No	No	Si	Si						Reparar/Reemplazar solenoide de arranque, establecimiento de un periodo de cambio el cual esta estipulado entre 12 a 18 meses de haber iniciado su trabajo.	2 AÑOS	MECÁNICO
15	B	2	Si	No	No	Si	Si						Reparar arrancador, reemplazar muelle de impulsión. Revision de estado de componentes en general.	2 AÑOS	MECÁNICO

15	C	1	No	Si		No	No	No	Si				Revisión de cableado del sistema de arranque, limpieza/cambio de terminales. Realizar pruebas de continuidad y resistencia del cableado.	3 MESES	MECÁNICO
15	A	1	Si	No	No	Si	Si						Eliminar consumidor, evitar instalaciones adicionales al sistema y de manera incorrecta generando sobrecarga al sistema. Tener en cuenta que no se debe recargar al sistema eléctrico ya que dicho vehículo cuenta con módulos de control electrónico, el cual puede alterar la información que estos reciben.	3 MESES	MECÁNICO
15	B	1	Si	No	No	Si	Si						Inspeccionar/reemplazar portaescobillas eléctrico, limpieza de todos los componentes del arrancador. Utilizar escobillas de la misma marca que el arrancador y así optimizar el rendimiento de sus componentes.	1 AÑO	MECÁNICO

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 52: Hoja de decisiones para Alternador

HOJA DE DECISIONES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER					SISTEMA : ELECTRICO					FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 16				
			COMPONENTE : ALTERNADOR					FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR					FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17				
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE			TAREA PROPUESTA			FRECUENCIA INICIAL		A REALIZARSE POR	
							S1	S2	S3										
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4							
							N1	N2	N3										
16	A	1	Si				Si						Cambio de faja de alternador cada 100 000 Km de acuerdo a lo mencionado por el fabricante del vehículo, utilizar faja que cumpla con los estándares de calidad. Realizar pruebas de carga de corriente de manera continua.	1 AÑO	LABORATORIO				
16	B	1	Si	No	No	Si	Si						Reparar/cambiar alternador, se recomienda reemplazar alternador cada 150 000 Km de recorrido del vehículo y así evitar daños a otros componentes.	2 AÑOS	MECÁNICO				
16	C	1	Si	No	No	Si	Si						Reparar/cambiar portadiodos, revisar torque de tornillos de fijación del portadiodos. Realizar pruebas de carga de alternador hacia las baterías a través de un MULTITESTER, cada 20 000 Km.	3 MESES	MECÁNICO				

16	D	1	Si	No	No	Si	Si							Reemplazar terminales, limpieza y aislamiento de cableado. Adicionar protector para cables, inspeccionar cada 20 000 Km de recorrido.	3 MESES	MECÁNICO
----	---	---	----	----	----	----	----	--	--	--	--	--	--	---	---------	----------

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 53: Hoja de decisiones para Baterías

HOJA DE DECISIONES MCC			EQUIPO : TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER				SISTEMA : ELECTRICO			FECHA INICIAL : 01/02/2018		HOJA N° : 17			
			COMPONENTE : BATERIAS				FACILITADOR : JHONLUIS SALAZAR			FECHA FINAL : 30/11/2019		DE : 17			
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3						
17	A	1	Si	No	No	Si	Si						Reemplazar baterías, relizar limpieza y rotacion de baterías cada 40 000 Km, inspeccion de carga de baterías.	3 MESES	MECÁNICO
17	B	1	Si	No	No	Si	Si						Reparar Borne de batería, de ser necesario cambiar batería, revisar ajuste de bornes cada 40 000 Km, limpieza de bornes utilizar protector de bornes anticorrosivo.	3 MESES	MECÁNICO
17	C	1	Si	No	No	Si	Si						Cambiar batería, revisar soportes y pernos de sujecion, revisar ajuste de pernos de sujecion brinadando el par de apriete recomendado.	3 MESES	MECÁNICO

Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Hojas de información del Número de Prioridad de Riesgo

Tabla N° 54: Hoja de Información NPR para Motor MBE 4000

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :	1	DE 17		
EQUIPO :		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012					SISTEMA:	MOTOR	INICIO		01/12/2017			
FACILITADOR :		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA					COMPONENTE:	MOTOR MBE 4000	FINAL		01/12/2019			
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL
1	A	A evitar	Dosificación irregular de combustible causando ruidos anormales en en tren de balancines.	9	1	3	Ninguna	Ninguna	4	108	5	2	2	20
		A evitar	No hay ingreso de combustible	8	2	3	Ninguna	Ninguna	4	96	4	2	2	16
		A evitar	codigo de fallas SID 001 al 006 en el tablero.	8	3	4	Inspección visual	Inspección visual	4	128	3	2	3	18
	B	A evitar	Prescencia de humo blanco a las salida de gases de escape.	8	1	3	Ninguna	Ninguna	5	120	3	2	1	6
		A evitar	Perdida de carga de motor al momento de la aceleracion.	7	2	4	Inspección visual	Inspección visual	4	112	3	3	2	18
	C	A amortiguar	Entrega de informacion erronea al ECM (modulo de control electronico)	8	1	4	Inspección visual	Ninguna	7	224	4	2	3	24
		A evitar	Motor sufre al momento de encender	7	2	3	Inspección visual	Inspección visual	4	84	3	2	3	18
		A evitar	Inestabilidad a bajas RPM	8	3	4	Ninguna	Ninguna	5	160	3	2	2	12
	D	A amortiguar	Prescencia de humo de color gris a la salida de gases deescape	8	1	5	Ninguna	Ninguna	5	200	2	3	2	12

		A evitar	Inyector no pulveriza	7	2	4	Ninguna	Ninguna	8	224	4	2	3	24
2	A	A evitar	El aceite diluido no tiene las mismas propiedades que el aceite normal por lo que no circula por el motor con la presión correcta produciendo rozamiento y desgaste de las piezas del motor.	9	1	3	Ninguna	Correctivo	7	189	4	1	2	8
		A evitar	Desgaste prematuro en los engranajes de la bomba de aceite.	8	2	3	Ninguna	Ninguna	8	192	4	2	2	16
		A evitar	Cilindros de motor rayados	10	3	2	Ninguna	Ninguna	7	140	4	1	2	8
	B	A evitar	El filtro de aceite obstruido no deja pasar el aceite causando que no entre al motor con la presión adecuada, lo cual produce rozamiento y desgaste en las piezas del motor.	10	1	3	Ninguna	Correctivo	5	150	5	2	2	20
	C	A evitar	Errada lectura de información hacia la ECU.	7	1	3	Ninguna	Ninguna	8	168	4	2	3	24
		A evitar	Pernos de sujeción de sensor flojos.	8	2	3	Inspección visual	Inspección visual	5	120	3	2	2	12

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 55: Hoja de Información NPR para Turbobreak

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N°:	2	DE 17		
EQUIPO		:	TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012			SISTEMA:	MOTOR		INICIO	01/12/2017				
FACILITADOR		:	JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA			COMPONENTE:	TURBO BREAK		FINAL	01/12/2019				
F	FF	CLASIFICACION	EFFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DET ECCI	NPR ACT	SEV ERID	OCU RRE	DET ECCI	NPR FINA
3	A	A evitar	Turbina de escape atrapada por la mordaza del turbofreno	10	1	5	Ninguna	Ninguna	5	250	4	2	2	16

	A evitar	Turbina de escape presenta deformaciones.	10	2	4	Inspección visual	Inspección visual	5	200	4	2	3	24
	A evitar	Sonido extraño en la turbina de escape.	8	3	4	Ninguna	Preventivo	5	160	4	2	2	16
B	A evitar	Desplazamiento lento del piston de activacion del turbofreno	8	1	4	Inspección visual	Inspección visual	5	160	4	2	2	16
		Tiempo de respuesta de frenado prolongado.	7	2	5	Inspección visual	Inspección visual	4	140	3	3	3	27
C	A evitar	Turbina compresora presenta impactos en sus alaves	9	1	5	NINGUNA	NINGUNA	4	180	4	3	2	24
	A evitar	Rozamiento del caracol de admision	9	2	5	NINGUNA	NINGUNA	5	225	4	2	3	24
D	A evitar	Prescencia de humo azul a la salida de gases de escape.	10	1	5	Inspección visual	Inspección visual	5	250	4	2	2	16
	A evitar	Turbina compresora de admision fuera de su lugar.	10	2	3	Inspección visual	Inspección visual	5	150	4	1	2	8
	A evitar	Agarrotamiento del nucleo del turbo.	10	3	4	Ninguna	Ninguna	4	160	4	1	2	8
E	A evitar	Eje de apoyo sometido a altas temperaturas generando pigmentacion azulada en los apoyos.	10	1	3	Ninguna	Ninguna	5	150	4	2	3	24
F	A amortiguar	Deficiencia de frenado en el turbofreno.	8	1	7	Ninguna	Ninguna	5	280	4	2	1	8
	A evitar	Perdida de control del activacion del turbofreno	7	2	6	Inspección visual	Inspección visual	4	168	4	3	3	36

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 56: Hoja de Información NPR para Radiador-Intercooler

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :		3	DE 17	
EQUIPO :			TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012				SISTEMA:		REFRIGERACIÓN		INICIO		01/12/2017	
FACILITADOR :			JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA				COMPONENTE:		ADIADOR-INTERCOOLE		FINAL		01/12/2019	
F	FF	CLASIFICACION	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCION	NPR - ACTU	SEVERIDAD	OCURR	RECURSOS	DETECCION
4	A	A amortiguar	Aumento de temperatura en el motor.	8	1	6	Inspección visual	Inspección visual	4	192	3	3	2	18
	B	A amortiguar	Embolo de activacion de gases no funciona correctamente.	7	1	5	Inspección visual	Inspección visual	5	175	3	2	2	12
5	A	A amortiguar	La bomba de refrigerante no introduce suficiente refrigerante por lo que el motor se sobrecalienta.	9	1	5	Inspección visual	Inspección visual	5	225	4	2	3	24
		A amortiguar	El deterioro del retén de la bomba de agua produce fugas que llevan a un aumento del consumo de refrigerante.	8	2	4	Inspección visual	Inspección visual	5	160	4	2	2	16
		A amortiguar	Baja circulacion de refrigerante del motor havia el radiador.	9	3	5	Ninguna	Ninguna	3	225	4	2	3	24
	B	A evitar	Estas grietas producen fugas que aumentan el consumo de refrigerante y provocan el sobrecalentamiento del motor.	7	1	6	Inspección visual	Inspección visual	3	126	3	3	2	18
	C	A amortiguar	La acumulación de sedimentos, lodos e incrustaciones obstruyen e impiden el correcto funcionamiento de la bomba de agua la cual no suministra la cantidad necesaria de refrigerante.	7	1	5	Ninguna	Ninguna	5	175	3	2	2	12

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 57: Hoja de Información NPR para Embrague

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :	4	DE 17		
EQUIPO		: TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012				SISTEMA:		TRANSMISIÓN		INICIO		01/12/2017		
FACILITADOR		: JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA				COMPONENTE:		EMBRAGUE		FINAL		01/12/2019		
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETECCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL
6	A	A amortiguar	Carrera de activacion del embrague prolongada.	6	1	7	Inspección visual	Inspección visual	5	245	6	3	2	36
	B	A evitar	Rotura de reten de rodamiento del collarin	9	1	4	Inspección visual	Inspección visual	3	84	4	2	2	16
	C	A evitar	Rotura del fleje del tornillo regulador	10	1	2	Inspección visual	Inspección visual	4	150	4	2	3	24
7	A	A evitar	sonido anormal en el conjunto de embrague, generando perdida de fuerza afectando en el desplazamiento del vehiculo	9	1	3	Inspección visual	Inspección visual	5	150	4	2	2	16

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 58: Hoja de Información NPR para Caja de Cambios

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :	5	DE 17		
EQUIPO		:	TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012			SISTEMA:	TRANSMISIÓN	INICIO		01/12/2017				
FACILITADOR		:	JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA			COMPONENTE:	CAJA DE CAMBIOS	FINAL		01/12/2019				
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETECCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL
8	A	A evitar	Embolo de activacion de marcha se desplaza con lentitud	8	1	5	Inspección visual	Inspección visual	5	200	3	3	2	18
	B	A evitar	Dificultad para la selección de cambios	7	1	3	Ninguna	Ninguna	4	84	4	2	2	16
9	A	A amortiguar	Incremento de la temperatura del fluido	9	1	4	Inspección visual	Inspección visual	4	144	5	2	2	20
	B	A evitar	Acumulacion de sedimentos, lodo, particulas aumentando el intervalo de tiempo de enfriamiento	9	1	4	Ninguna	Ninguna	5	180	4	2	3	24
	C	A evitar	Rodamientos y egranajes muestran pigmentacion azulada por falta de lubricacion.	10	1	2	Ninguna	Ninguna	5	100	4	1	3	12

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 59: Hoja de Información NPR para Coronas o Diferenciales

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :	6	DE 17		
EQUIPO		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012					SISTEMA:	TRANSMISIÓN	INICIO		01/12/2017			
FACILITADOR		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA					COMPONENTE:	CORONAS O DIFERENCIALES	FINAL		01/12/2019			
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETECCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL
10	A	A evitar	Aumento de la fricción entre las piezas móviles del diferencial ocasionando que estas se fusionen.	9	1	4	Inspección visual	Inspección visual	5	180	4	2	2	16
	B	A evitar	Muelle de retencion de aceite roto, permitiendo salida de aceite hacia el exterior	6	1	5	Inspección visual	Inspección visual	4	150	2	2	3	12
	C	A evitar	Perdida de fluido	8	1	3	Inspección visual	Inspección visual	5	120	3	1	2	6
	D	A evitar	Baja presion de aceite.	9	1	5	Ninguna	Ninguna	5	225	4	3	3	36
	E	A evitar	El aceite diluido tiende a perder sus propiedades por lo cual acelera el desgaste de componentes acortando tiempo de vida util del diferencial.	9	1	5	Ninguna	Ninguna	5	225	4	2	3	24

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 60: Hoja de Información NPR para Caja de dirección

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :	7	DE 17		
EQUIPO		:	TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012				SISTEMA:	DIRECCIÓN	INICIO		01/12/2017			
FACILITADOR		:	JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA				COMPONENTE:	CAJA DE DIRECCION	FINAL		01/12/2019			
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL
11	A	A evitar	Dificultad para realizar el giro de izquierda aderecha o viceversa	8	1	4	Inspección visual	Inspección visual	4	128	4	2	2	16
	B	A evitar	Pernos de sujecion flojos	9	1	3	Inspección visual	Inspección visual	4	96	4	1	2	8
	C	A evitar	Fuga de aceite aceite hidraulico entre el reten y el eje SIN-FIN.	8	1	5	Ninguna	Ninguna	5	200	3	2	2	12
12	A	A evitar	Chirrido en la caja de direccion.	9	1	5	Inspección visual	Inspección visual	4	160	3	3	2	18
	B	A evitar	Rotor y cilindro presentan rayaduras.	10	1	5	Ninguna	Ninguna	6	240	4	3	3	36
	C	A evitar	Perdidas de fluido hidraulico en diferentes partes del cilindro generando perdida de presion hacia las valvulas. Como consecuencia endurecimiento en el volante.	9	1	5	Ninguna	Ninguna	5	225	4	2	3	24

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 61: Hoja de Información NPR para Pines-Bocinas

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N°:	8	DE 17		
EQUIPO		:	TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012				SISTEMA:	DIRECCIÓN	INICIO		01/12/2017			
FACILITADOR		:	JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA				COMPONENTE:	PINES-BOCINAS	FINAL		01/12/2019			
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL
13	A	A evitar	Juego axial en el muñon de direccion.	8	1	6	Inspección visual	Inspección visual	4	192	3	4	2	24
	B	A evitar	Juego longitudinal del muñon de direccion	8	1	6	Inspección visual	Inspección visual	5	240	3	4	3	36
	C	A evitar	Vibracion de las ruedas delanteras en linea recta.	7	1	7	Inspección visual	Inspección visual	5	245	4	3	2	24

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 62: Hoja de Información NPR para Bolsas de Aire

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :	9	DE 17		
EQUIPO :		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012				SISTEMA:		SUSPENSIÓN		INICIO		01/12/2017		
FACILITADOR :		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA				COMPONENTE:		BOLSAS DE AIRE		FINAL		01/12/2019		
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL
14	A	A evitar	Aumento de rigidez en el sistema de suspension, asi mismo fuga permanente de aire.	8	1	6	Inspección visual	Inspección visual	5	240	3	3	4	36
	B	A evitar	Perdida de presion de aire en las valvulas check de alimentacion directa	9	1	5	Ninguna	Ninguna	5	225	4	2	3	24
	C	A evitar	Fuga de aire	7	1	5	Inspección visual	Inspección visual	4	140	3	3	3	27

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 63: Hoja de Información NPR para Muelles

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :		10		DE 17	
EQUIPO			TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012				SISTEMA:		SUSPENSIÓN		INICIO		01/12/2017		
FACILITADOR			JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA				COMPONENTE:		MUELLES		FINAL		01/12/2019		
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES						
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL	
15	A	A evitar	Perdida simetría en los ejes de tracción	8	1	4	Inspección visual	Inspección visual	5	160	3	2	3	18	
	B	A evitar	Desgaste de bocinas de muelle, daños a las bases de sujeción.	9	1	4	Inspección visual	Inspección visual	4	144	4	2	2	16	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 64: Hoja de Información NPR para Amortiguadores

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :		11		DE 17	
EQUIPO			TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012				SISTEMA:		SUSPENSIÓN		INICIO		01/12/2017		
FACILITADOR			JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA				COMPONENTE:		AMORTIGUADORES		FINAL		01/12/2019		
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES						
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL	
16	A	A evitar	Fuga de aceite del amortiguador	7	1	6	Inspección visual	Inspección visual	5	210	4	3	3	36	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 65: Hoja de Información NPR para Zapatas-Tambores

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :	12	DE 17		
EQUIPO		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012					SISTEMA:	RESION DE AIRE-FREN	INICIO		01/12/2017			
FACILITADOR		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA					COMPONENTE:	ZAPATAS-TAMBORES	FINAL		01/12/2019			
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETECCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL
17	A	A evitar	incremento de tiempo de frenado	6	1	6	Inspección visual	Inspección visual	5	180	3	3	3	27
	B	A evitar	incremento de tiempo de frenado	7	1	6	Inspección visual	Inspección visual	5	210	3	2	4	24
	C	A evitar	Tiempo de respuesta de liberacion de la rueda prolongado.	9	1	6	Inspección visual	Inspección visual	5	270	4	2	3	24
	D	A evitar	Agrietamientos en el diafragma, fuga de aire.	6	1	6	Inspección visual	Inspección visual	5	180	3	2	3	18
	E	A amortiguar	Incremento de temperatura en el neumatico	8	1	8	Inspección visual	Inspección visual	4	256	3	4	3	36

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 66: Hoja de Información NPR para Presión de aire

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :	13	DE 17		
EQUIPO		: TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012					SISTEMA:		PRESION DE AIRE-FRENO		INICIO		01/12/2017	
FACILITADOR		: JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA					COMPONENTE:		PRESION DE AIRE		FINAL		01/12/2019	
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL
18	A	A evitar	No permite el ingreso de aire al sistema (tanques de aire)	8	1	4	Inspección visual	Inspección visual	5	160	4	2	4	32
	B	A evitar	Sin paso de aire al sistema	9	1	4	Ninguna	Ninguna	4	144	4	2	2	16
	C	A evitar	Deficiencia en alimentacion de aire al sistema	7	1	5	Inspección visual	Inspección visual	6	210	3	3	2	18
		A evitar	Masa de ventilador no de desactiva	8	2	4	Inspección visual	Inspección visual	5	160	3	2	2	12
		A evitar	El aire se descarga al pisar el pedal del freno.	7	3	5	Inspección visual	Inspección visual	5	175	3	3	3	27
		A evitar	Desfogue de aire del secador no controla el cierre de aire.	8	4	6	Inspección visual	Inspección visual	5	240	3	4	2	24
	D	A evitar	Incremento de tiempo de llenado de aire al sistema	7	1	5	Ninguna	Ninguna	7	245	3	3	3	27

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 67: Hoja de Información NPR para Tornamesa

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :	14	DE 17		
EQUIPO		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012					SISTEMA:		CANIBA-CHASIS		INICIO		01/12/2017	
FACILITADOR		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA					COMPONENTE:		TORNAMESA		FINAL		01/12/2019	
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL
19	A	A evitar	Golpe u impacto al momento de poner en marcha al vehículo.	8	1	4	Inspección visual	Inspección visual	5	160	3	2	3	18
	B	A evitar	Desgaste prematuro de quinta rueda	9	1	5	Inspección visual	Inspección visual	5	225	3	3	4	36

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 68: Hoja de Información NPR para Arrancador

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :	15	DE 17		
EQUIPO		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012					SISTEMA:		ELÉCTRICO		INICIO		01/12/2017	
FACILITADOR		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA					COMPONENTE:		ARRANCADOR		FINAL		01/12/2019	
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL
20	A	A evitar	Perdida de corriente hacia el arrancador	9	1	5	Inspección visual	Inspección visual	5	225	4	2	3	24

	B	A evitar	Genera insuficiente energía para impulsar a la volante del motor	8	1	3	Inspección visual	Inspección visual	5	120	4	2	2	16
		A evitar	Piñon no se desplaza hacia la volante	9	1	3	Ninguna	Ninguna	5	135	4	1	3	12
	C	A evitar	No hay corriente de alimentación hacia el arrancador	7	1	6	Inspección visual	Inspección visual	6	210	3	2	3	18
	D	A evitar	Deficiencia de energía	8	1	4	Ninguna	Ninguna	7	224	3	3	3	27
	F	A evitar	Inducido gira lento	7	1	4	Ninguna	Ninguna	6	168	3	2	4	24

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 69: Hoja de Información NPR para Alternador

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :	16	DE 17		
EQUIPO :		TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012					SISTEMA:	ELÉCTRICO	INICIO		01/12/2017			
FACILITADOR :		JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA					COMPONENTE:	ALTERNADOR	FINAL		01/12/2019			
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCIÓN (D)	NPR -ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR -FINAL
21	A	A evitar	No se genera energía eléctrica	8	1	4	Inspección visual	Inspección visual	5	160	4	3	3	36
	B	A evitar	Sonido anormal en el alternador, pérdida de voltaje.	10	1	3	Inspección visual	Inspección visual	5	150	4	2	2	16
	C	A evitar	Círculo abierto de paso de corriente hacia las baterías	8	1	5	Ninguna	Ninguna	6	240	4	2	4	32
	D	A evitar	No llega corriente hacia las baterías	9	1	4	Inspección visual	Inspección visual	6	216	3	3	2	18

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 70: Hoja de Información NPR para Baterías

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N°:	17	DE 17		
EQUIPO		:	TRACTOCAMION FREIGHTLINER 2012				SISTEMA:	ELÉCTRICO		INICIO	01/12/2017			
FACILITADOR		:	JHONLUIS SALAZAR ZEGARRA				COMPONENTE:	BATERIAS		FINAL	01/12/2019			
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES					
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL
22	A	A evitar	bateria se descarga muy rapido	8	1	6	Inspección visual	Inspección visual	4	192	3	4	2	24
	B	A evitar	Perdida de energia	8	1	6	Inspección visual	Inspección visual	5	240	3	4	3	36
	C	A evitar	Deficiencia de alimentacion al sistema electrico	7	1	7	Inspección visual	Inspección visual	5	245	4	3	2	24

Fuente: Elaboración propia

5.2. Inversión del MCC por año

Tabla N° 71: Descripción y costo de reparación por falla

SUBSISTEMA / COMPONENTE	[F]	[FF]	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS [FM]		REQUERIMIENTO	COSTO 1ER AÑO	COSTO 2DO AÑO	COSTO 3ER AÑO
Motor MBE 4000	1	A	2	Tobera de inyector obstruida	Cambio de Tobera y espiga de inyector FTL		\$ 1,400.00	
	1	C	1	Descompensación en la entrega de combustible hacia los inyectores/presencia de testigo CHECK en el tablero de instrumentos.	Cambio del sensor de presión de combustible	\$ 107.83		
Turbo brake freightliner	3	A	1	Exceso de activación del turbofreno causando sobrecalentamiento en los componentes	Cambio REMAN CONJUNTO FRENO TURBOBRAKE MB4000 SNP		\$ 2,336.09	
	3	B	1	Electrovalvula de turbofreno en mal estado, ocasionando fugas de aire internas.	Cambio electrovalvula packbrake ftl	\$ 405.58		
	3	C	1	Presencia de partículas extrañas dentro del sistema.	Cambio Kit overholl turbo FTL	\$ 103.75		
Radiador-intercooler	4	A	1	Presencia de objeto extraño generando impacto en el panel.	Reparación de Radiador de refrigerante FTL	\$ 66.67		
	5	A	1	La bomba de agua tiene las aspas rotas, rodamientos defectuosos, patea de la bomba floja, juntas en mal estado o cavitación.	Kit de reparación bomba de agua FTL.	\$ 171.26	\$ 171.26	
Embrague	7	A	1	Tiempo de vida útil finalizado, otra de las causas se origina por mala operación del sistema acortando su durabilidad.	kit de reparación de conjunto de embrague	\$ 359.50		
Caja de Cambios	8	B	1	Desgaste del freno sincronizador de cambios, causando dificultad al momento de seleccionar los cambios.	Selector de rangos/piñón de selector/rodamiento de piñón de selector.		\$ 391.21	
	9	A	1	Bajo nivel de aceite lubricante, acelerando deterioro del aceite por insuficiencia.		\$ 7,586.00		
Caja de dirección	11	C	1	Exceso de carga, causando sobreesfuerzo en el sistema de dirección ocasionando daño al reten.	Kit reparación de caja de dirección FTL		\$ 115.12	

Bolsas de aire	14	A	1	Presencia de cuerpos extraños en la bolsa de aire, exceso de carga acelerando el periodo de vida útil de la bolsa de aire.	Bolsa de aire de tracto FTL	\$ 113.49		
Muelles	15	A	1	Perdida simetria en los ejes de traccion	Cambio de bocinas			\$ 1,245.00
Zapatas y tambores	17	A	1	Exceso de carga del vehiculo, frecuencia de utilizacion del freno fuera de lo normal, manejo ofensivo.	Juego de zapatas	\$ 145.02		
Presion de aire	18	A	1	Rotura de muelle de control de paso de aire	Mantenimiento a gobernador de aire, cambio de kit de reparación	\$ 128.50		
Arrancador	20	B	1	Escobillas de transmision de corriente desgastadas.	Cambio de escobillas de arrancador 39 MT FTL	\$ 86.00		
Alternador	21	A	1	Temperatura, condiciones extremas de trabajo, tiempo de vida util superado, presencia de cuerpos extraños.	Cambio de Faja de alternador	\$ 55.81		
Baterias	22	C	1	Pernos de sujecion flojos	BATERÍA 12V 19 PLACAS	\$ 327.14		\$ 327.14
TIPO DE CAMBIO	COSTO DE REPARACION DE TRACTOCAMION ANUAL				TOTAL DOLARES	\$ 9,656.55	\$ 4,413.68	\$ 1,572.14
3.35					TOTAL SOLES	S/. 32,349.44	S/. 14,785.84	S/. 5,266.67

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 72: Costo del MCC por año

COSTO S/./KM	3.453	COSTO DIA/TRACTO	S/. 1,149.96
PERIODO	1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO
COSTO DE MANTENIMIENTO	S/. 32,349.44	S/. 14,785.84	S/. 5,266.67
COSTO PERDIDO POR MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO	13.00	6.00	3.00
	S/. 119,596.15	S/. 55,198.22	S/. 27,599.11
TOTAL	S/. 151,958.59	S/. 69,990.06	S/. 32,868.78

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 73: Costo Beneficio de tractocamiión FTL antes MCC

COSTO BENEFICIO TRACTOCAMIÓN FTL ANTES MCC	
COSTO DE TRACTOCAMIÓN NUEVO	S/. 335,000.00
COSTO SOL/KM	S/. 3.45
PRODUCCION EN VIDA UTIL 15 AÑOS	S/. 5,853,414.93
GANANCIA EN VIDA UTIL 15 AÑOS	S/. 5,518,414.93
GANANCIA ANUAL	S/. 459,867.91

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 74: Costo Beneficio de tractocamiión FTL después MCC

COSTO BENEFICIO TRACTOCAMIÓN FTL DESPUES MCC	
VIDA UTIL RESTANTE(AÑOS)	8.00
TOTAL DE KM EN 8 AÑOS(KM)	1000000.00
COSTO DE TRACTOCAMIÓN DE 7 AÑOS	S/. 117,250.00
COSTO SOL/KM	S/. 3.20
COSTO DE OPERACIÓN ANUAL	S/. 3,195,115.71
PRODUCCIÓN EN VIDA UTIL 8 AÑOS	S/. 3,866,090.01
GANANCIA VIDA UTIL RESTANTE 8 AÑOS	S/. 3,748,840.01
GANANCIA ANUAL	S/. 468,605.00
COSTO BENEFICIO APLICANDO MCC	
COSTO BENEFICIO ANUAL	S/. 8,737.09
COSTO BENEFICIO MENSUAL	S/. 728.09

Fuente: Elaboración Propia

5.3. Discusión de resultados

Evaluando los resultados obtenidos, confirmamos la hipótesis general que se planteó en este trabajo de investigación que establece que el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) si influye en la disponibilidad los tractocamiones freightliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C

Como efecto de aplicar la metodología del MCC logra un incremento en la vida útil de componentes costos y de la disponibilidad, reflejada en mejoras en la calidad operacional, de servicio al cliente, de producción, mejora de la seguridad, medio ambiente, en la comunicación de ambas partes y en la disminución de costes de mantenimiento asegurando que los activos continúen cumpliendo con el desarrollo de las actividades programadas y no programadas centrado en la confiabilidad operacional.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusiones

- 1) La disponibilidad es de 83.26% antes de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), según la ley de Weibull. Considerada un valor por debajo del criterio planteado por la presente investigación. Después de aplicar el MCC la disponibilidad es de 97.31%, siendo un porcentaje óptimo encontrándose en el rango propuesto.
- 2) Según la ley de Weibull antes de aplicar MCC se obtuvo la confiabilidad del 37.56% y la mantenibilidad del 64.93%; después de aplicar el MCC se obtuvo la confiabilidad del 82.18% y la mantenibilidad del 78.55%. Logrando un aumento del 44.62% en confiabilidad y un 13.61% en mantenibilidad.
- 3) Se realizó, desde la TABLA N°22 hasta la TABLA N°37, el Análisis de los Modos y Efectos de Fallo (AMEF) aplicado al Tractocamión freightliner de la empresa Transportes Pakatnamu SAC la cual se encontró 92 modos de fallo.
- 4) Según el análisis del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) aplicado a los 92 modos de fallo del Tractocamión freightliner de la empresa Transportes Pakatnamu SAC clasificadas según el AMEF antes de aplicar el MCC se obtuvo, 52 fallos críticas (56.52%), 28 fallos moderados (30.43 %) y 12 fallos insignificante(lo que se quiere) (9.52%); y luego de aplicar el MCC se obtuvo, 0 fallos críticos (0%), 0 fallos moderados (0%) y 92 fallos insignificante (100 %). Ver desde la TABLA N° 54 hasta la TABLA N° 70.

- 5) Se realizó un diagrama de decisiones, ver el ANEXO N° 9, para evaluar el tipo de consecuencia que puede ocasionar los modos de fallo, la cual ayudó a determinar tareas de mantenimiento, con qué frecuencia se deben realizar y que personal es el más calificado para el desarrollo de estas tareas, ver la TABLA N° 38 hasta la TABLA N° 53.
- 6) El costo de operación y mantenimiento aplicando el MCC es de S/.3,195,115.71 durante los 8 años de la vida útil restante, invirtiendo S/.117,250.00 en el costo de un tractocamión de 7 años de antigüedad. Obteniendo una disminución aplicando el MCC del costo Soles/Kilómetros recorridos (SOL/KM) de 3.453 sol/km, a 3.195 sol/km. Representando un costo beneficio anual de S/.8,737.09 por cada tractocamión y un mensual de S/.728.09 por tractocamión.

6.2. Recomendaciones

- 1) Se debe realizar el Mantenimiento Centrado al semirremolque, para obtener el panorama completo logrando determinar la disponibilidad de la unidad de transportes (tractocamiones freightliner + semirremolque), en beneficio a la operación a realizar.
- 2) Se debe realizar el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad para todos los sistemas restantes, ayudando a determinar la disponibilidad total los tractocamiones freightliner

- 3) Se debe evaluar el Numero de Prioridad de Riesgos (NPR) a todos los sistemas, pudiendo obtener un impacto global y clasificando de acuerdo al nivel de criticidad; con el fin de optimizar la toma de decisiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cuarta Pérez, Luis Alberto. «¿Qué es el mantenimiento?» 2008.
- Biblioteca, Capítulo I: Mantenimiento Generalidades, junio del 2006
http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_44_176_10_294.pdf
- Moubray Iv, John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), Reino Unido, 1986.
- Barberá Martínez, Luis. Criterios y evaluación de herramientas software para dar soporte a la implantación de la metodología RCM. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2010.
- Danhke, G. L. *Investigación y comunicación*. Mexico: Mc GRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, SA DE C.V, 1989.
- Mora Gutiérrez, Alberto. MANTENIMIENTO - Planeación, ejecución y control. I. Editado por Luis Javier Buitrago D. Mexico D.F: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2009.
- Moreno Russian, Antonio. "Diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones con base a los requerimientos en su contexto operacional". Venezuela: Universidad de Oriente, Anzoátegui, 2009.
- Norma SAE JA1011. Evaluation criteria for reliability centered maintenance(RCM) Processes Society of Automotive Engineers, 1998
- Norma SAE JA1012. A Guia to he Reliability centered maintenance (RCM) Standard. Society of Automotive Engineers, 2002.
- Moubray, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability -centred Maintenance) Ed. Español. Segunda. Traducido por Sueiro Ellman y Asociados. Buenos Aires - Madrid: Edwards Brothers, 2004.

Yupanqui Granados, Christian Diego. "Propuesta de implementación de mejoras en el plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para tractocamiones international workstar 7600", Perú: Lima, 2016.

Rubio Amaya, David Emerson. "Disponibilidad de las grúas auto -propulsadas sobre camión con giro parcial en función del sistema hidráulico basado en el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) de empresa Ingesa Norte", Perú: Lambayeque, 2013.

Romero López, Eduardo. Estudio de mejora del mantenimiento mediante la aplicación de la distribución de Weibull a un historico de fallas. Madrid: Fundación Uned, 2012.

ReliabilityWeb. RELIABILITYWEB - A Culture of Reliability. 28 de Julio de 2010.

<http://www.reliabilityweb.com/sp/articles/entry/Cálculo-de-los-parametros-de-la-distribucion-de-weibull> (último acceso: 5 de Octubre de 2016).

Campos Barrientos, José. Mantenimiento centrado en la confiabilidad, 2015.

[file:///C:/Users/DELL/Downloads/1_ING_JOSE_CAMPOS%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/1_ING_JOSE_CAMPOS%20(2).pdf)

Puerto La Cruz Diseño de un programa de mantenimiento preventivo basado en la filosofía del mantenimiento centrado en confiabilidad", Tesis de Grado, Ingeniería Mecánica, Universidad de Oriente (2000).

Ríos García, Sixto. Métodos estadísticos Ediciones del Castillo. Madrid: Ediciones del Castillo, 1973.

Slideshare. Metal Javier- Función de distribución de weibull en estados de fiabilidad, 3 de noviembre de 2012. https://es.slideshare.net/metal_javier/distribuciondeweibull

Divemotor- Divecenter, Especificaciones Técnicas Freightliner CL 112, 3 de noviembre 2016

Daimler Truck North America LLC. Manual de Mantenimiento Columbia CL112-CL120,
EE.UU, 17 de febrero de 1997.

ANEXOS

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°	DE	
EQUIPO	:		SISTEMA:		INICIO	
FACILITADOR	:		COMPONENTE:		FINAL	
FUNCIÓN - [F]	TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS - [FF]	EFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLOS - [FM]	

Anexo N° 1: Hoja de trabajo de información MCC

Fuente: Elaboración Propia

HOJA DE INFORMACION NPR										HOJA N° :	DE								
EQUIPO :					SISTEMA:					INICIO									
FACILITADOR :					COMPONENTE:					FINAL									
F	FF	CLASIFICACIÓN	EFECTOS DE FALLO	SEVERIDAD (S)	FM	OCURRENCIA (O)	CONTROLES ACTUALES DE PREVENCIÓN	CONTROLES ACTUALES DE DETENCIÓN	RESULTADOS FINALES										
									DETECCIÓN (D)	NPR - ACTUAL	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)	NPR - FINAL					

Anexo N° 2: Hoja de Información NPR

Fuente: Elaboración Propia

HOJA DE DECISIONES MCC			EQUIPO :				SISTEMA :				FECHA INICIAL :		HOJA N° :												
			COMPONENTE :				FACILITADOR :				FECHA FINAL :		DE :												
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1			H2			H3			ACCIÓN DE FALLO A FALTA DE			TAREA PROPUESTA			FRECUENCIA INICIAL		A REALIZARSE POR	
							S1			S2			S3												
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4													
							N1	N2	N3																

Anexo N° 3: Hoja de decisiones MCC

Fuente: Elaboración Propia

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - MCC-CALCULOS DE DISPONIBILIDAD-JHONLUIS-SALAZAR-ZEGARRA-TESIS.xlsm - [Módulo6 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Lin 2, Col 1
(General) ORD_TBF_CONF_INICIAL
Sub ORD_TBF_CONF_INICIAL ()
'
' ORD_TBF_CONF_INICIAL Macro
'
'
Range("D7:E20").Select
Selection.Copy
Range("N7").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False
ActiveWorkbook.Worksheets("CALCULO DISPONIB-INICIAL").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("CALCULO DISPONIB-INICIAL").Sort.SortFields.Add Key _
:=Range("O8:O20"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption _
:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("CALCULO DISPONIB-INICIAL").Sort
.SetRange Range("N7:O20")
.Header = xlYes
.MatchCase = False
.Orientation = xlTopToBottom
.SortMethod = xlPinYin
.Apply
End With
End Sub
Sub ORD_TTR_MANT_INICIAL ()
'
' ORD_TTR_MANT_INICIAL Macro
'
'
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-18
Range("D8:D20,G8:G20").Select
Range("G8").Activate
Selection.Copy
ActiveWindow.SmallScroll Down:=27
```

Anexo N° 4: Código Visual Basic para TBF y TTR de confiabilidad inicial

Fuente: Elaboración Propia

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - MCC-CALCULOS DE DISPONIBILIDAD-JHONLUIS-SALAZAR-ZEGARRA-TESIS.xlsm - [Módulo6 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Lin 2, Col 1
(General) ORD_TBF_CONF_INICIAL

' AJUST_EJES_CONF_FINAL Macro
'
Range("T8:V13").Select
Selection.ClearContents
Range("T8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-5]-R6C19"
Range("U8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=LN(RC[-1])"
Range("V8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC19"
Range("T8:V8").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("T8:V13"), Type:=xlFillDefault
Range("T8:V13").Select
Range("S4:S5").Select
Range("S5").Activate
Selection.ClearContents
End Sub
Sub CALCU_FORMA_ESCALA_CONF_FINAL()
'
' CALCU_FORMA_ESCALA_CONF_FINAL Macro
'
ActiveCell.FormulaR1C1 = ""
Range("S4").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SLOPE(R8C22:R13C22,R8C21:R13C21)"
Range("S5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=EXP((-INTERCEPT(R[3]C[3]:R[8]C[3],R[3]C[2]:R[8]C[2]))/R4C19)"
Range("S6").Select
End Sub
Sub CALCU_CONF_FINAL()
'
```

Anexo N° 5: Código Visual Basic para ajustar ejes de confiabilidad final y calcular parametro de forma y escala.

Fuente: Elaboración Propia

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - MCC-CALCULOS DE DISPONIBILIDAD-JHONLUIS-SALAZAR-ZEGARRA-TESIS.xlsm - [Módulo6 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Lín 2, Col 1
(General) ORD_TBF_CONF_INICIAL

Sub CALCU_LOCALIZ_CONF_FINAL()
'
' CALCU_LOCALIZ_CONF_FINAL Macro
'
Range("K15:K16").Select
Selection.ClearContents
ActiveWindow.SmallScroll ToRight:=8
Range("W3").Select
Selection.ClearContents
ActiveWindow.SmallScroll ToRight:=-4
Range("K15").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=CORREL(R[-7]C[8]:R[-2]C[8],R[-7]C[7]:R[-2]C[7])"
Range("K16").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RSQ(R[-8]C[8]:R[-3]C[8],R[-8]C[7]:R[-3]C[7])"
Range("W3").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MIN(R[5]C[-8]:R[10]C[-8])-0.1"
Range("W4").Select
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-9
SolverOk SetCell:="$K$16", MaxMinVal:=1, ValueOf:=1, ByChange:="$S$6", Engine:= _
1, EngineDesc:="GRG Nonlinear"
SolverOk SetCell:="$K$16", MaxMinVal:=1, ValueOf:=1, ByChange:="$S$6", Engine:= _
1, EngineDesc:="GRG Nonlinear"
SolverSolve
Range("S6").Select
Selection.ClearContents
Range("R6").Select
ActiveWindow.LargeScroll Down:=1
Range("M29:W29").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-33
```

Anexo N° 6: Código Visual Basic para calcular parámetro de localización de confiabilidad final.

Fuente: Elaboración Propia

```
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - MCC-CALCULOS DE DISPONIBILIDAD-JHONLUIS-SALAZAR-ZEGARRA-TESIS.xlsm - [Módulo6 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
Lin 2, Col 1
(General) ORD_TBF_CONF_INICIAL
End Sub
Sub CALCU_CONF_FINAL ()
' CALCU_CONF_FINAL Macro
'
Range("AQ8:AT9").Select
Range("AT8").Activate
Selection.ClearContents
Range("AS8:AS9").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R6C19+R5C19*GAMMA(1+1/R4C19)"
Range("AQ8:AQ9").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=EXP(-POWER((R[-3]C[9]-R6C19)/(R5C19)),R4C19)"
Range("AR8:AR9").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=1-RC[-1]"
Range("AR10").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=6
Range("AT8:AT9").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "(R4C19/R5C19)*POWER((R8C45-R6C19)/R5C19,R4C19-1)"
Range("AT10").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-9
End Sub
Sub LIMP_DATOS_CONF_FINAL ()
' LIMP_DATOS_CONF_FINAL Macro
'
Range("N8:O13").Select
Selection.ClearContents
Range("T8:V13").Select
Selection.ClearContents
Range("W3").Select
Selection.ClearContents
End Sub
```

Anexo N° 7: Código Visual Basic para calcular confiabilidad final.

Fuente: Elaboración Propia

```

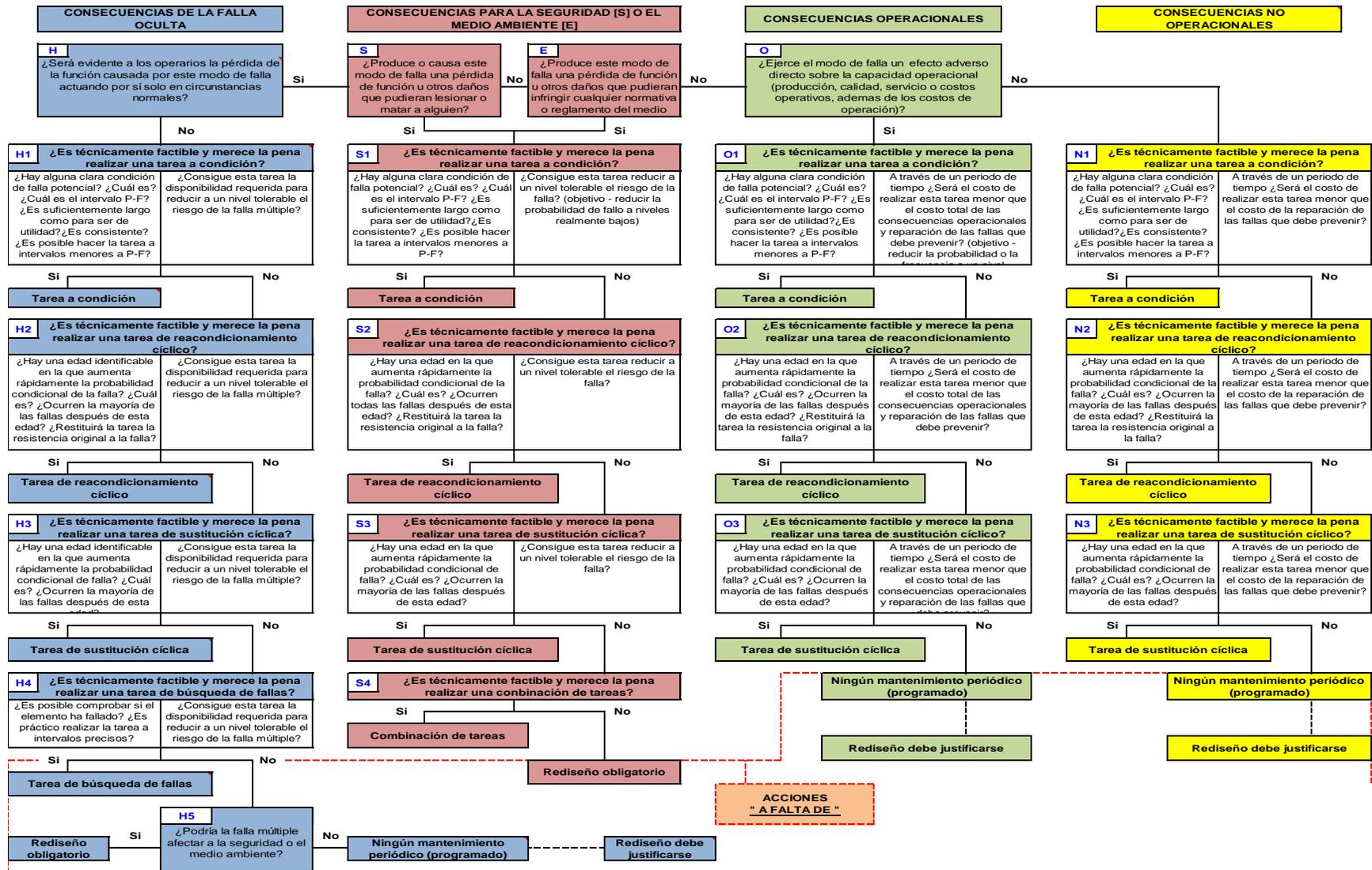
Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - MCC-CALCULOS DE DISPONIBILIDAD-JHONLUIS-SALAZAR-ZEGARRA-TESIS.xlsm - [Módulo6 (Código)]
Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda
(Lin 2, Col 1)
(General) ORD_TBF_CONF_INICIAL

' CALCU_MANT_FINAL Macro
'
'
Range("AQ35:AS36").Select
Range("AS35").Activate
Selection.ClearContents
Range("AR35:AR36").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R33C19+R32C19*GAMMA(1+1/R31C19)"
Range("AQ35:AQ36").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=1-EXP(-POWER((R[11]C[10]-R33C19)/(R32C19)),R31C19)"
Range("AS35:AS36").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=(R31C19/R32C19)*POWER((R35C44-R33C19)/R32C19),R31C19-1)"
Range("AS37").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-9
End Sub
Sub CALCU_DISPON_FINAL()
'
' CALCU_DISPON_FINAL Macro
'
'
Range("AU23:AW23").Select
Selection.ClearContents
Range("AU23").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R8C45"
Range("AV23").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R35C44"
Range("AW23").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=+RC[-2]/(RC[-2]+RC[-1])"
Range("AW24").Select
End Sub
Sub LIMP_DATOS_MANT_FINAL()

```

Anexo N° 8: Anexo N° 7: Código Visual Basic para calcular Mantenibilidad final y Disponibilidad final.

Fuente: Elaboración Propia



Anexo N° 9: Diagrama de decisiones MCC II

Fuente: Moubray, 2004

DATOS	VALORES	UNIDADES
KM POR AÑO	100000	KM/AÑO
KM POR MES	8333	KM/MES
VIDA UTIL SEGÚN FABR.	15	AÑOS
DIAS UTILES ANUALES	300	DIAS
KM POR DIA	333	KM/DIA

COSTO FIJOS	POR SOL/DIA	POR SOL/KM
REMUNERACION CONDUCTOR	S/. 85.95	0.258
CELULAR	S/. 1.21	0.004
GPS	S/. 2.95	0.009
SEGURO VEHICULAR	S/. 10.52	0.032
GASTOS ADMINISTRATIVOS	S/. 1.26	0.004
GASTOS VENTAS/OPERATIVO	S/. 93.01	0.279
GASTOS FINANCIEROS	S/. 0.02	0.000
GASTOS DEPRECIACION	S/. 3.81	0.011
COSTO FIJOS TOTAL S/.	S/. 198.71	0.596

COSTOS VARIABLES	POR SOL/DIA	POR SOL/KM
COMBUSTIBLE	S/. 589.33	1.768
MANTENIMIENTO	S/. 42.00	0.126
LLANTAS	S/. 58.00	0.174
VIATICOS	S/. 30.00	0.090
HOSPEDAJE	S/. 35.00	0.105
PEAJE	S/. 168.00	0.504
SEGURO DE CARGA	S/. 0.07	0.000
COCHERA	S/. 30.00	0.090
COSTOS VARIABLES TOTAL S/.	S/. 952.40	2.857

	POR SOL/DIA	POR SOL/KM
COSTO FIJOS TOTAL S/.	S/. 198.71	0.596
COSTOS VARIABLES TOTAL S/.	S/. 952.40	2.857
COSTO TOTAL SOLES	S/. 1,151.11	3.453
COSTO TOTAL DOLARES	\$ 343.62	1.03

Anexo N° 10: Costo de sol/km antes del MCC

Fuente: Moubray, 2004

DATOS	VALORES	UNIDADES
KM POR AÑO	125000	KM/AÑO
KM POR MES	10417	KM/MES
VIDA UTIL SEGÚN FABR.	15	AÑOS
DIAS UTILES ANUALES	300	DIAS
KM POR DIA	417	KM/DIA

COSTO FIJOS	POR SOL/DIA	POR SOL/KM
REMUNERACION CONDUCTOR	S/. 85.95	0.206
CELULAR	S/. 1.21	0.003
GPS	S/. 2.95	0.007
SEGURO VEHICULAR	S/. 10.52	0.025
GASTOS ADMINISTRATIVOS	S/. 1.26	0.003
GASTOS VENTAS/OPERATIVO	S/. 93.01	0.223
GASTOS FINANCIEROS	S/. 0.02	0.000
GASTOS DEPRECIACION	S/. 3.81	0.009
COSTO FIJOS TOTAL S/.	S/. 198.71	0.477

COSTOS VARIABLES	POR SOL/DIA	POR SOL/KM
COMBUSTIBLE	S/. 690.83	1.658
MANTENIMIENTO	S/. 45.83	0.110
LLANTAS	S/. 67.08	0.161
VIATICOS	S/. 30.00	0.090
HOSPEDAJE	S/. 35.00	0.105
PEAJE	S/. 168.00	0.504
SEGURO DE CARGA	S/. 0.07	0.000
COCHERA	S/. 30.00	0.090
COSTOS VARIABLES TOTAL S/.	S/. 1,066.82	2.718

	POR SOL/DIA	POR SOL/KM
COSTO FIJOS TOTAL S/.	S/. 198.71	0.477
COSTOS VARIABLES TOTAL S/.	S/. 1,066.82	2.718
COSTO TOTAL SOLES	S/. 1,265.53	3.195
COSTO TOTAL DOLARES	\$ 377.77	0.95

Anexo N° 11: Costo de sol/km después del MCC

Fuente: Moubray, 2004

INVERSIÓN EN UN TRACTOCAMIÓN NUEVO	
COSTO NUEVO DOLARES(US\$)	100000
TIPO DE CAMBIO (S/. / US\$)	3.35
IGV	18%
COSTO NUEVO SOLES	335000
UTILIDAD	13.00%

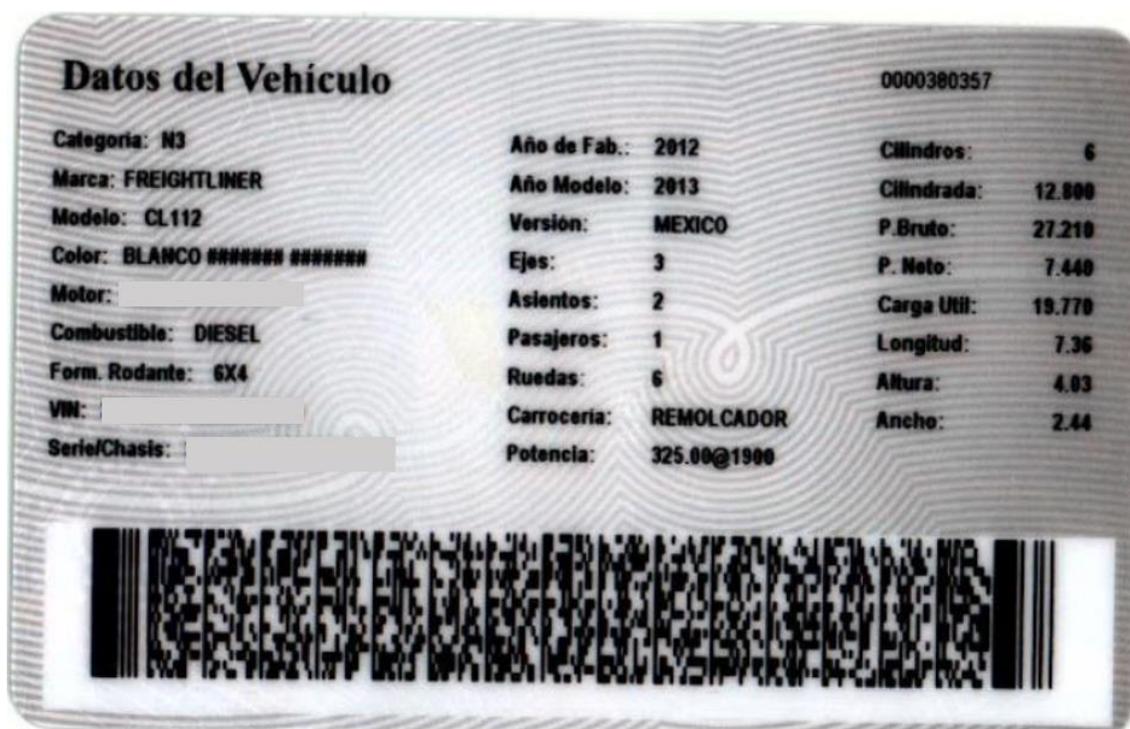
Anexo N° 12: Inversión en un tractocamión nuevo

Fuente: Elaboración propia

INVERSION EN UN TRACTOCAMIÓN CON 7 AÑOS DE USO	
COSTO TRACTOCAMIÓN 7 AÑOS DOLARES(US\$)	S/. 117,250.00
TIPO DE CAMBIO (S/. / US\$)	3.35
IGV	18%
COSTO TRACTOCAMIÓN 7 AÑOS SOLES	392787.5
UTILIDAD	21.00%

Anexo N° 13: Inversión en un tractocamión con 7 años de uso

Fuente: Elaboración propia



Anexo N° 14: Tarjeta de propiedad FTL 2012

Fuente: Elaboración propia

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS TRACTOCAMIÓN	
CATEGORIA	N3
MARCA	FREIGHTLINER
MODELO	CL112
COLOR	BLANCO
MOTOR	MBE4000
COMBUSTIBLE	DIESEL
AÑO FABRIC	2012
EJES	3
ASIENTOS	2
RUEDAS	6
CARROCERIA	REMOLCADOR
POTENCIA	435 HP
CILINDROS	6
CILINDRADA	12.8 L
PESO BRUTO	27.21 tn
PESO NETO	7.44 tn
CARGA UTIL	19.77 tn
LONGITUD	7.36 mt
ALTURA	4.93 mt
ANCHO	2.44 mt
VIDA UTIL	15 AÑOS
COSTO NUEVO	\$ 110,000.00

Anexo N° 15: Especificaciones Técnicas FTL

Fuente: Elaboración propia



Anexo N° 16: *Equipo Mantenimiento de Transportes Pakatnamu SAC*

Fuente: Elaboración propia