

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**EL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA
CONFIABILIDAD (RCM) Y SU INFLUENCIA EN LA
DISPONIBILIDAD DE LAS UNIDADES DE LA FLOTA
VEHICULAR MUNICIPALIDAD DE
SAN MIGUEL - CALLAO 2018.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

CESAR SANTA CRUZ JULCA

Callao, 2019

PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

PRESIDENTE : Mg. Arturo Percey Gamarra Chinchay

SECRETARIO: Ing. Emiliano Loayza Huamán

VOCAL: Ing. Juan Guillermo Manco Pérez

MIEMBRO SUPLENTE: Ing. José Luis Humberto Urrutia Ticona

ASESOR: Dr. José Hugo Tezen Campos

N° de Libro..... Folio N°.....

N° de Acta.....

Fecha de aprobación de Tesis:

Resolución de Sustentación N°.....

DEDICATORIA

En este día tan significativo y especial en mi existencia, dedico este trabajo primordialmente a Dios, por haberme dado el don de la vida y por haberme permitido alcanzar este momento tan trascendental en mi formación profesional; asimismo a mi hermosa y encantadora retoño Alessia, quien es la personita que mediante su incondicional amor e inigualable dulzura me brinda día a día la fortaleza necesaria e incólume para continuar adelante; a mi señora madre Isaura, mi progenitora, mi formadora, mi primera maestra quien con sus sabias enseñanzas me inculcó desde muy pequeño que la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez ¡Grande, mi madre!.

No puedo dejar de mencionar a mi padre Fermín, quien me instruyó con la clara idea de que el mejor conocimiento que alguien pueda obtener, es el que se aprende por sí mismo. Finalmente, a mi linda, bella y talentosísima hermana Nelly quien, con sus ilustradas exhortaciones, constante y agudo soporte, contribuyó indudablemente en la formación del hombre que soy hoy en día.

AGRADECIMIENTO

Se dice con mucha frecuencia que la herencia más valiosa de los padres a sus hijos es la educación; estoy de acuerdo con esta asección y por ello yo me siento extremadamente agradecido y sumamente gratificado con mis progenitores. No obstante, mis padres en lo particular, además del apoyo desprendido en mis estudios, me han permitido y enseñado también a trazar y diseñar mi propio camino y por ende a marchar con mis propios pies.

Ellos son los pilares de mi vida y sin dudarlo yo les dedico este trabajo de titulación

Gracias Fermín e Isaura, ¡Grande mi padre, grande mi madre!

Ah y por su puesto a mi gran equipo; a todos y cada uno de ustedes que con vuestro respeto, pundonor, compromiso, respaldo e incondicional apoyo, hemos logrado formar y consolidar un preponderante y sólido grupo humano. Gracias por todo muchachos!

ÍNDICE

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE.....	1
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.	10
1.2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	11
1.3. FORMULACIÓN DE PROBLEMAS.....	18
1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.4.1 Objetivo general.....	18
1.4.2 Objetivos específicos	19
1.5 Justificación	19
1.6 LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
II. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	21
2.2. MARCO TEÓRICO.....	23
2.2.1. Concepto de mantenimiento.....	23
2.2.2. Funciones del mantenimiento.....	24
2.2.3. Objetivos del mantenimiento.....	24
2.2.4. Tipos de mantenimiento	24
2.3. MARCO CONCEPTUAL	31
2.3.1 Confiabilidad.....	31
2.3.2 Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM.	31
2.3.3 Disponibilidad.....	32
2.3.4 Confiabilidad.....	32
2.3.5 Mantenibilidad	34

2.3.6 Análisis centrado en la confiabilidad por la Dra. Estrella, docente cubana.	37
2.4. CONCEPTOS BÁSICOS	70
III. VARIABLES E HIPOTESIS.....	76
3.1. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	76
3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	76
3.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	77
3.3.1 Hipótesis General	77
3.3.2 Hipótesis Específicas	77
IV. METODOLOGIA.....	78
4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	78
4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	78
4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	78
4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	80
4.5. PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE DATOS.....	80
V. RESULTADOS.....	81
5.1. DATOS RECOGIDOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL.....	81
5.2. PROCESO DE OPTIMIZACIÓN MEDIANTE EL SOFTWARE RELEST PARA SISTEMA DE FRENOS.....	82
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	112
6.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS....	112
6.1.1 Contrastación de la hipótesis general.....	112
6.1.2 Contrastación de hipótesis Específicas.....	112
CONCLUSIONES.....	114
RECOMENDACIONES	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
ANEXOS:	
- MATRIZ DE CONSISTENCIA.	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Cobertura de mantenimiento flota vehicular	12
Tabla 1.2 Información del operador respecto al mantenimiento vehicular	15
Tabla 2.1 Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad-RCM.....	45
Tabla 2.2 Aspectos a considerar para definir las funciones de un activo	46
Tabla 2.3 Aspectos a considerar para definir los modos de fallo de un activo	47
Tabla 2.4 Aspectos a considerar para los efectos de fallos.....	48
Tabla 2.5 Hoja de información RCM	51
Tabla 2.6 Análisis de modos de fallos y efectos del sistema de freno.....	64
Tabla 2.7 Hoja de decisión RCM del sistema de freno.....	65
Tabla 2.8 Análisis de modos de fallo y efectos del sistema de embrague	65
Tabla 2.9 Hoja de decisión RCM del sistema embrague.....	65
Tabla 2.10 Análisis de modos de fallo y efectos del sistema de suspensión	66
Tabla 2.11 Hoja de decisión RCM del sistema de suspensión	66
Tabla 4.1 Tiempo medio entre fallas en horas (TMEF) De la unidad vehicular en estudio	79
Tabla 5.1 Tiempo medio entre fallas en horas (TMEF) De la unidad vehicular en estudio.....	81
Tabla 5.2 Cuadro de disponibilidad actual	82
Tabla 5.3 Disponibilidades con mantenimiento basado en RCM.	105
Tabla 5.4 Tareas propuestas en el taller de mantenimiento.....	108
Tabla 5.5 Tareas propuestas en el taller de mantenimiento.....	109
Tabla 5.6 Tareas propuestas en el taller de mantenimiento.....	110
Tabla 5.7 Tareas diarias propuestas para el operador	111
Tabla 6.1 Diferencias entre el Mantenimiento Tradicional y el RCM	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Operadores haciendo el mantenimiento de la unidad vehicular	11
Figura 1.2 Organigrama de la oficina de maestranza.....	12
Figura 1.3 Mantenimiento de la unidad vehicular	14
Figura 2.1 Integrantes del grupo de trabajo	53
Figura 2.2 Diagrama de flujo para la elaboración de un plan de mantenimiento basado en las recomendaciones de los fabricantes	69
Figura 2.3 Diagrama de flujo de la elaboración del plan de mantenimiento basado en el análisis de fallos	70
Figura 5.1 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.....	83
Figura 5.2 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.....	84
Figura 5.3 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.....	84
Figura 5.4 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.....	85
Figura 5.5 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.....	85
Figura 5.6 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.....	86
Figura 5.7 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.....	86
Figura 5.8 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.....	87
Figura 5.9 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.....	87
Figura 5.10 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos	88
Figura 5.11 Comprobación del Chi cuadrado.....	89
Figura 5.12 Confiabilidad Vs. Tiempo medio entre fallas.	90
Figura 5.13 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.....	90
Figura 5.14 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.....	91
Figura 5.15 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.....	91

Figura 5.16 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.....	92
Figura 5.17 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.....	92
Figura 5.18 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.....	93
Figura 5.19 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.....	93
Figura 5.20 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.....	94
Figura 5.21 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.....	94
Figura 5.22 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.	95
Figura 5.23 Comprobación del Chi cuadrado	96
Figura 5.24 Confiabilidad Vs. Tiempo	97
Figura 5.25 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague	97
Figura 5.26 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague	98
Figura 5.27 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague	98
Figura 5.28 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague	99
Figura 5.29 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague	99
Figura 5.30 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague	100
Figura 5.31 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague	100
Figura 5.32 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague	101
Figura 5.33 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague	101
Figura 5.34 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague	102
Figura 5.35 Chi cuadrado	103
Figura 5. 36 Confiabilidad Vs. Tiempo	104

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 Función de densidad	55
Gráfico 2.2 Función de confiabilidad	56
Gráfico 2.3 Función de tasa de falla	56
Gráfico 2.4 Función de densidad	57
Gráfico 2.5 Función de confiabilidad	58
Gráfico 2.6 Función de tasa de falla	58
Gráfico 2.7 Fuente de densidad.....	59
Gráfico 2.8 Función de confiabilidad	60
Gráfico 2.9 Función de tasa de falla	60
Gráfico 2.10 Función de densidad	62
Gráfico 2.11 Función de confiabilidad	62
Gráfico 2.12 Función de tasa de fallas.....	63
Gráfico 2.13 Curva de fiabilidad.....	64
Gráfico 5.1 Proceso mediante el software Relest del sistema de frenos	88
Gráfico 5.2 Histograma de confiabilidad	89
Gráfico 5.3 Histograma de confiabilidad	95
Gráfico 5.4 Proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión	96
Gráfico 5.5 Histograma de Resultados	102
Gráfico 5.6 Proceso mediante el software Relest del sistema de embrague ..	103

RESUMEN

La municipalidad de San Miguel cuenta con una flota vehicular Toyota Hilux, que es utilizada para la seguridad de los vecinos y pobladores flotantes. Debido a la falta de un plan de mantenimiento dichas unidades tienen fallas funcionales y no cumplen con sus horas operativas programadas de trabajo.

Con esta investigación se logrará disminuir las fallas funcionales de las unidades vehiculares para aumentar su disponibilidad, aplicando el mantenimiento basado en la confiabilidad RCM al preservar las funciones de los sistemas de la unidad vehicular y eliminar las consecuencias de las fallas.

Es importante tener en cuenta a los integrantes del equipo de mantenimiento, su actitud propiciará colaboración, motivación para el cambio, sentido de pertenencia y alta responsabilidad, de la actitud depende en gran medida el grado de compromiso del operador con el área de mantenimiento de la municipalidad de San Miguel.

El proyecto fue realizado fundamentalmente en cuatro fases:

Fase 1- Realizar inspección general, analizar la información del PLC y de los sistemas de las unidades vehiculares.

Fase 2- Búsqueda de herramienta computacional que permita realizar un trabajo con soporte tecnológico.

Fase 3- Realizar el trabajo estadístico con los tiempos de falla utilizando el software de mantenimiento RELEST.

Fase 4- Realizar el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad de los equipos y máquinas.

Cabe mencionar que el área de mantenimiento aplicaba el mantenimiento correctivo y preventivo, pero bajo el enfoque del mantenimiento basado en la confiabilidad se logrará tener un soporte tecnológico actualizado para las unidades vehiculares y también permitirá involucrar a todos los integrantes de la organización.

Palabras claves: *Confiabilidad, unidad vehicular, disponibilidad.*

ABSTRACT

The municipality of San Miguel, has a Toyota hilux vehicle fleet that are used for the safety of residents and floating residents, due to the lack of a maintenance plan such units have functional failures and do not meet their scheduled working hours of work ,

For this reason, with this research it will be possible to reduce the functional failures of the vehicular units to increase their availability. Applying the maintenance based on RCM reliability by preserving the functions of the systems of the vehicular unit and eliminating the consequences of the failures.

It is important to take into account the members of the maintenance team, their attitude will encourage collaboration, motivation for change, sense of belonging and high responsibility, the attitude depends to a large extent on the degree of commitment of the operator to the area of maintenance of the Municipality of San Miguel.

The project was carried out mainly in four phases:

Phase 1. Perform general inspection, analyze the information of the PLC and the systems of the vehicular units.

Phase 2- Search of a computational tool that allows a work with technological support.

Phase 3- Perform the statistical work with the failure times using the RELEST maintenance software.

Phase 4- Carry out the maintenance plan based on the reliability of the equipment and machines.

It is worth mentioning that the maintenance area applied corrective and preventive maintenance, but under the reliability-based maintenance approach, it will be possible to have up-to-date technological support for the vehicle units and also allow all the members of the organization to be involved.

Palabras claves: *Reliability, vehicular unit, availability.*

INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada “Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y su influencia en la disponibilidad de las unidades de la flota vehicular - Municipalidad de San Miguel”, tuvo como objetivo mejorar la disponibilidad de las unidades vehiculares involucrando a los subsistemas que lo conforman y la interacción con el entorno físico que lo rodea teniendo en cuenta los modos de fallas, causas y efectos y la criticidad en cada una de ellas para determinar las estrategias del mantenimiento en la eliminación de las causas de fallas. Todo ello será de mucha importancia para incrementar la disponibilidad de las unidades motorizadas empleadas y garantizar su operatividad, de manera que asegure el buen servicio y consecuentemente la seguridad a los ciudadanos del distrito y los pobladores flotantes.

En el proceso de desarrollo de la investigación se establecieron los problemas, los objetivos y la hipótesis que en interacción con las bases teóricas permiten llegar a los objetivos deseados ya que el mantenimiento basado en RCM es un procedimiento continuo y periódico que utiliza la probabilidad para minimizar el riesgo de fallo y asegurar la continua operación de las unidades, logrando de esta manera mejorar la vida útil de los componentes de la unidad e incrementar la disponibilidad con calidad, seguridad y rentabilidad.

Estos procesos operativos incluyen limpieza, lubricación, ajuste y reemplazo de ciertas partes vulnerables, no excluye el mantenimiento que a diario debe realizar los colaboradores que es el chequeo y limpieza continuo de los sistemas, subsistemas del motor que son los puntos fundamentales en la generación de la energía mecánica en la unidad de transporte.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

Actualmente la mayoría de las municipalidades del país no cuentan con planes de mantenimiento para su flota vehicular utilizado en el servicio de seguridad a los vecinos y habitantes flotantes de sus respectivos distritos, su personal técnico lo hace correctivamente, lo que genera altos costos y poca suficiencia para ejecutar las tareas de mantenimiento e inclusive tienen insuficiencia de recursos humanos con habilidades técnicas fácilmente disponibles para la operación y mantenimiento de las unidades vehiculares.

Se ha observado que todos los talleres de los Municipios se encuentran en una condición media debido la pequeña infraestructura y que solo aplica el mantenimiento correctivo. Esto genera que las unidades motorizadas estén paradas durante periodos largos de tiempo, dificultando su uso y generando insuficiencia en el planeamiento de las tareas.

En el distrito de San Miguel no hay una política clara en el mantenimiento de la flota vehicular para garantizar la disponibilidad mecánica de los vehículos y como resultado brindarle el buen servicio de seguridad, el distrito tiene 652 manzanas y una población de 140 000 habitantes y 70 000 personas flotantes en un área de 10.72 kilómetros cuadrados, ya que en el distrito se concentra importantes centros comerciales, especialmente en la avenidas La Marina, Faucett, Escardó, y La Paz.

En la actualidad no se cuenta con el 100% de unidades motorizadas disponibles debido a la falta de un plan de mantenimiento. El tiempo en el cual se realiza la operación es bastante prolongado y eso impide realizar

las labores de seguridad de manera eficiente para brindar el servicio de seguridad ciudadana las 24 horas del día.

1.2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Se cuenta con el Taller de Maestranza que opera en el local Municipal denominado “La Franja”; la cual se ubica en la intersección de Calle Gamarra con Av. Costanera, con un área aproximada de 405 m² ofrece una cobertura para atender la unidad vehicular.

El local ubicado en la Av. Venezuela (Ref. cruce con Av. Riva Agüero) se encuentra a disposición de la Subgerencia de Serenazgo para el despliegue de funciones pertinentes; no obstante, también sirve de soporte a manera de cochera para seguridad de las unidades.

Se cuenta con alrededor de 40 personas por turno para efectuar las funciones administrativas y técnicas, concernientes a los diferentes trabajos que comprenden la seguridad ciudadana y el Mantenimiento de la Flota Vehicular Municipal.

Figura 1. 1

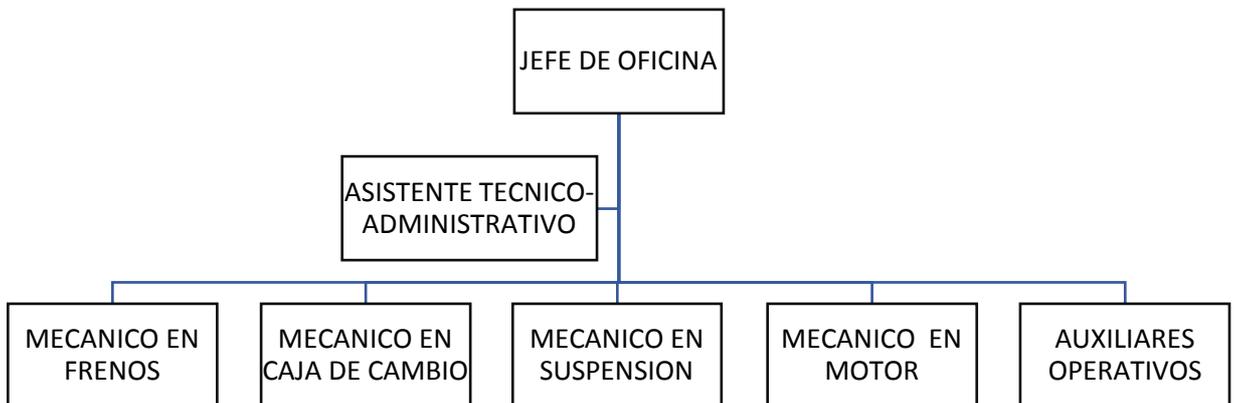
Operadores haciendo el mantenimiento de la unidad vehicular



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. 2

Organigrama de la oficina de maestranza



Fuente: Elaboración propia

Para las diferentes labores que comprenden el buen estado de operatividad la Oficina de Maestranza cuenta con:

01 camioneta TOYOTA HILUX: Utilizada para las diferentes labores de auxilio mecánico de las unidades.

Tabla 1. 1
Cobertura de mantenimiento flota vehicular

	DEPENDENCIA	N° UNID. ASIGN.	Aplicación del mantenimiento (%)	
			MANTEN. PREVENTIVO	MANTEN. CORRECTIVO
1	SERENAZGO	76	60%	90%

Fuente: Elaboración propia

Descripción del mantenimiento para la flota vehicular:

1- En lo referente al Mantenimiento Preventivo, se debe precisar que la mayoría de los vehículos recibieron una eficacia por debajo del tercio superior, esto debido principalmente a que no contaban con los recursos

logísticos necesarios para tal fin, las limitaciones presupuestales para adquirir aceite, lubricantes y otros insumos que incurren en el afinamiento del motor, ocasionado que las fallas que repercutan en averías mecánicas mayores requiriendo una reparación o cambio de repuesto.

2- En referencia al Mantenimiento Correctivo, la cual se ejecutó entre el segundo y tercio superior de eficacia correspondía principalmente que no se realiza el Mantenimiento de manera oportuna, sin embargo, se ha logrado mantener en buenas condiciones de operatividad los vehículos asignado a los Servicios de seguridad pública, las labores de mantenimiento más frecuentes son:

- Cambio de Kit de embrague.
 - Cambio de Kit de freno.
 - Cambio de Neumáticos.
 - Cambio de Baterías, accesorios de iluminación y otros.
 - Averías sistema motor de Motor.
- Las operaciones del mantenimiento preventivo son el cambio de aceite, lubricantes, filtros y otros afines.
- Efectuar el mantenimiento correctivo de manera oportuna con la finalidad de evitar problemas mayores que incurran en gastos onerosos para la Municipalidad.

Funciones de los operadores

- Responsabilidad los choferes para ejecutar constantemente las revisiones técnicas básicas como: Revisar nivel de refrigerante del radiador, revisar el nivel de aceite del motor, revisar el nivel del Líquido de frenos, hidrolina y otros.
- Precaución en la operatividad para evitar daños al vehículo y/o accidentes de tránsito.

- Un (01) personal Mecánico para la cobertura de las atenciones técnicas.
- Un (01) personal en la especialidad de Planchado y Pintura
- Un (01) personal especializado y el Equipo respectivo para la reparación y vulcanizado de neumáticos de nuestros vehículos.

Figura 1. 3

Mantenimiento de la unidad vehicular



Fuente: Elaboración propia

El mantenimiento se realiza cada cierto recorrido de la unidad vehicular como se describe en el cuadro mostrado ya que generalmente las reparaciones se llevan a terceros, generando así altos costos.

Tabla 1. 2

Información del operador respecto al mantenimiento vehicular

Kilome- traje \ Actividades	cada 5 Km	Cada 10 Km	cada 15 Km	cada 20 Km	cada 25 Km	cada 30 Km	cada 35 Km	cada 40 Km	cada 45 Km	cada 50 Km	cada 55 Km	cada 60 Km
Aceite	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Filtro de aceite	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Filtro de aire	I	I	C	I	I	C	I	I	C	I	I	C
Filtro de combustible	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	I	C
Pastilla de freno	M	M	C	M	M	C	M	M	C	M	M	C
Zapata de freno	M	R	M	C	M	R	M	C	M	R	M	C
Batería	I	I	I	M	I	I	I	M	I	C	I	I

Fuente. Elaboración propia

Dónde:

M- Mantenimiento

C- Cambio

I- Inspección

R- Regulación

Encuestas al personal

Para obtener información de los procedimientos de mantenimiento que se realizan en la maestranza se optó por realizar una encuesta a las personas involucradas en el área de mantenimiento.

La valoración de la encuesta se realiza tomando en cuenta los siguientes parámetros:

1 = malo

2 = regular

3 = bueno, en caso de no contestar de considera como malo.

Encuesta al personal administrativo.

Participantes: 2

Preguntas	Valoración		
	1	2	3
1. ¿Se cuenta con algún plan de mantenimiento para la flota vehicular de la seguridad ciudadana?	1	2	3
2. ¿Se dispone de un inventario actualizado de la flota vehicular, herramientas y equipos?	1	2	3
3. ¿Existe personal de mantenimiento de la flota vehicular que dependa directamente de la municipalidad?	1	2	3
4. ¿Existe el recurso físico y repuesto suficiente para el correcto desarrollo de las tareas de mantenimiento?	1	2	3
5. ¿Se planifica la paralización de un vehículo de acuerdo a procesos estadísticos adecuados?	1	2	3
6. ¿Se lleva un registro de los servicios y revisiones mecánicas que se realizan a cada vehículo?	1	2	3
7. ¿Existe procedimientos para realizar los mantenimientos de una manera técnica y eficaz?	1	2	3
8. ¿Cuentan con formatos o documentos de registro para el control de las actividades de mantenimiento?	1	2	3
9. ¿La municipalidad posee algún programa de información que ayude a la comunicación y registro en tareas de mantenimiento?	1	2	3
10. ¿Qué tan eficiente es la estructura organizacional del mantenimiento dentro de la municipalidad?	1	2	3

Análisis de resultados:

-La municipalidad no cuenta con ningún plan de mantenimiento, menos con técnicos altamente capacitados.

-Sí disponen de un registro de ocurrencias de fallos.

Encuesta a los operadores de los vehículos y encargados de mantenimiento.

Participantes: 120

Pregunta	Valoración		
	1	2	3
1. ¿Cuenta la municipalidad de San Miguel con plan de mantenimiento para la flota vehicular?	1	2	3
2. ¿Cómo califica Ud. sus conocimientos en cuanto a los procesos de mantenimiento que se aplicara a los vehículos?	1	2	3
3. ¿Cuál es la influencia que tiene el operador en los procesos de mantenimiento?	1	2	3
4. ¿Cómo califica Ud. el mantenimiento que se les hace a los vehículos de la seguridad ciudadana?	1	2	3
5. ¿Cómo califica la manera en que la municipalidad lleva el control de los vehículos?	1	2	3
6. ¿Los vehículos son asignados de acuerdo a la zona y al tipo de trabajo que van a realizar?	1	2	3
7. ¿Los vehículos se someten a inspecciones periódicas para verificar su estado?	1	2	3
8. ¿Se lleva un registro de los servicios y revisiones mecánicas a las que fueron sometidos los vehículos?	1	2	3
9. ¿Se actúa en forma activa para disminuir el impacto medio ambiental que generan los residuos sólidos y líquidos?	1	2	3
10. ¿Cómo es la capacitación que reciben los operadores de la seguridad ciudadana para preservar el buen estado del vehículo?	1	2	3

Análisis de resultados:

-La municipalidad no cuenta con ningún plan de mantenimiento, menos con técnicos altamente capacitados.

-No cuentan con tecnología actualizada para realizar un buen mantenimiento.

1.3. FORMULACIÓN DE PROBLEMAS

En el presente proyecto de tesis el problema general se ha formulado como sigue:

1.3.1 Problema General

¿Cómo influye el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la disponibilidad de las unidades de la flota vehicular - municipalidad de San Miguel?

1.3.2 Problemas específicos

1. ¿Cómo la elaboración del análisis de modos y efectos de falla (AMEF) permite conocer las prioridades de atención de los subsistemas de la unidad vehicular para incrementar la disponibilidad?
2. ¿De qué manera el RCM, estadísticamente basado en la confiabilidad, hace posible incrementar la disponibilidad de las unidades?

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Determinar el nivel de influencia del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la disponibilidad de las unidades de la flota vehicular - Municipalidad de San Miguel, Callao.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Elaborar el análisis de modos y efectos de falla (AMEF) para conocer las prioridades de atención de los subsistemas de la unidad vehicular orientado a incrementar la disponibilidad.
2. Determinar estadísticamente a través del RCM la confiabilidad, que permita asegurar la disponibilidad de las unidades vehiculares.

1.5. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación contribuirá con el incremento de la disponibilidad de las unidades vehiculares de la flota automotriz que permiten proporcionar más unidades disponibles para la seguridad ciudadana del distrito.

En lo tecnológico:

La elaboración de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad permitirá aplicar el mantenimiento preventivo que permite incrementar la disponibilidad de las unidades vehiculares de la flota.

Esta investigación permitirá masificar la cultura del mantenimiento basado en la confiabilidad en otros municipios del Perú, ya que permite alargar el ciclo de vida de los activos.

En lo económico:

En la actualidad, el mantenimiento correctivo de la municipalidad tiene altos costos de inversión, así también como tiempos de fallo muy considerables, cuyo efecto se plasma en la poca disponibilidad de las unidades vehiculares.

La elaboración del plan de mantenimiento basado en el RCM, permitirá tener unidades más confiables y con costos reducidos para el mantenimiento.

En lo social:

Al elaborar el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, se tendrá una herramienta para generar un mantenimiento preventivo que permita tener unidades vehiculares disponibles para la seguridad ciudadana y la población del distrito se sentirá con mayor confianza al realizar sus actividades.

1.6. LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN

Teórica

El presente trabajo se limita a aplicar las teorías de confiabilidad basada en la probabilidad de fallos.

Temporal

El presente trabajo abarca datos e información de las unidades vehiculares que pertenecen a la seguridad ciudadana de la Municipalidad de San Miguel del 2017-2018 con proyección al 2020.

Espacial

El presente trabajo se delimita a las unidades vehiculares utilizadas en la seguridad ciudadana de la Municipalidad de San Miguel.

Legal

Norma ISO 14424

Esta norma internacional presenta los lineamientos para la especificación, recolección, y aseguramiento de la calidad de los datos de confiabilidad para las áreas de Seguridad, confiabilidad y disponibilidad de los sistemas en la ejecución del Mantenimiento, permite asegurar que los datos de confiabilidad y mantenimiento son de calidad suficiente, según el análisis que se pretenda realizar.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Huancaya, C. (2016) “MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD MECANICA Y CONFIABILIDAD OPERACIONAL DE UNA FLOTA DE COCECHADORAS DE CAÑA DE AZUCAR DE 40 t/h DE CAPACIDAD”, tesis para optar el grado académico de Ingeniero Mecánico en la Pontificia Universidad Católica del Perú. En esta tesis el problema general consiste en la falta de un programa de mantenimiento que les permita tener una alta disponibilidad mecánica, además los costos en el mantenimiento de las máquinas cosechadoras de caña de azúcar eran muy elevados.

El objetivo de la tesis fue proponer un programa de mantenimiento y confiabilidad operacional de la flota de cosechadoras de caña de azúcar seleccionando las mejoras actividades de mantenimiento para aumentar la disponibilidad mecánica.

Como conclusión se llegó a proponer el programa de mantenimiento basado en métodos de cálculo de disponibilidad y confiabilidad que permitan jerarquizar los equipos de la flota que presenten mayores problemas mediante el análisis de criticidad y, con ayuda de la estadística aplicada, optimizar la toma de decisiones de mantenimiento. (1)

Villacrés, S. (2016) “DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGIA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA UN VEHICULO M654 DE LA EMPRESA ETAPA EP”. Tesis para optar el grado académico de Ingeniero Mecánico en la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo Riobamba-Ecuador, en esta tesis el autor

plantea como problema: la empresa pública municipal de telecomunicaciones, agua potable, alcantarillado y saneamiento ETAPA EP de la ciudad de Cuenca, no cuenta con un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad RCM para los equipos críticos de los vehículos de la flota de la empresa ETAPA EP.

El objetivo de la tesis es desarrollar un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para un vehículo M654 de la empresa ETAPA EP.

La conclusión fue muy favorable, dado que al analizar la criticidad de cada uno de los equipos del vehículo M654 aplicando la metodología RCM para la determinación del plan de mantenimiento, se logró establecer una actividad preventiva reduciendo en un 45% los modos de falla. (2)

Montes, J. (2013) “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA ARTICULADA DE INTEGRA S.A USANDO ALGUNAS HERRAMIENTAS DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)”. Tesis para optar el grado académico de Ingeniero Mecánico en la Universidad Tecnológica Pereira, Colombia, en esta tesis el autor plantea como problema: la empresa INTEGRA S.A cuenta con 97 unidades vehiculares y se encarga de transportar a los pasajeros desde los barrios periféricos hasta los intercambiadores de MEGABUSS. Cuentan con 17 personas en dos turnos para el mantenimiento de la flota, pero no se cuenta con un plan de mantenimiento, por lo tanto no se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de los procesos de mantenimiento y no se ha explorado y estudiado las ventajas que ofrece el mantenimiento centrado en la confiabilidad. Tampoco se cuenta con una documentación completa de instructivos que sirva de guía y soporte al personal técnico, lo que conlleva a

ambigüedades y falta de claridad en los procesos y actividades del mantenimiento de las unidades vehiculares.

El objetivo de la tesis es diseñar un plan de mantenimiento para la flota articulada de INTEGRA S.A usando algunas herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

Hacer un análisis de criticidad de los componentes usando una matriz que involucre el número de prioridad de riesgo NPR, dando valores cuantitativos a los datos como gravedad y frecuencia de cada una de las posibles fallas identificables.

Las conclusiones fueron muy favorables dado que en la investigación se logró el diseño del plan de mantenimiento basado en:

1. Codificación y listado de todos los subsistemas, equipos y elementos que conforman la unidad.
2. Determinación de fallas funcionales y fallas técnicas.
3. Determinación de modos de falla y causas de cada una de las fallas.
4. Estudio de las consecuencias de cada modo de falla, y su clasificación.
5. Determinación de las medidas preventivas que eviten o atenúen el efecto de las fallas. (3)

2.2. MARCO TEÓRICO.

2.2.1. Concepto de mantenimiento.

Según **Gallara-Pontelli (2014)**, se define el mantenimiento como una combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, destinada a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar su función requerida.

(4)

2.2.2. Funciones del mantenimiento.

La función del mantenimiento es maximizar la disponibilidad de un elemento para la producción de bienes y servicios, y minimizar el deterioro de los equipos logrando el menor costo posible. (5)

2.2.3. Objetivos del mantenimiento

El objetivo del mantenimiento es la de conseguir un determinado nivel de disponibilidad para la producción en condiciones de calidad al mínimo costo, con el máximo nivel de seguridad para el personal que lo utiliza y lo mantiene, así como también la mínima degradación del medio ambiente. (6)

2.2.4. Tipos de mantenimiento

Los tipos de mantenimiento son estrategias con características propias que se adoptan de acuerdo a las circunstancias encontradas o establecidas en las empresas y que tienen el fin de organizar eficientemente las tareas de mantención entre ellos tenemos:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento detectivo
- Mantenimiento centrado en la confiabilidad
- Mantenimiento proactivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento productivo total (7)

- **Mantenimiento correctivo:**

Consiste en dejar a los equipos que operen sin ningún servicio o control del estado de los mismos hasta que se produzca una falla en su funcionamiento. En el mantenimiento correctivo es de muy poco interés la condición de operación óptima del elemento, ya que la mayoría de tareas

responden a fallas e interrupciones en la producción y el único fin es que la máquina funcione a un nivel aceptable. (7)

Ventajas del mantenimiento correctivo:

No es muy beneficioso, sin embargo, puede aplicarse en equipos que no inciden fuertemente en la producción o que influyen en costos de operación bajos y son de poca importancia. (7)

Desventajas del mantenimiento correctivo:

- No se encuentran las causas raíces de las fallas, sino solo los síntomas más obvios.
- Puede producirse un daño muy grande por no realizar inspección ni prevención de fallas.
- Los costos de mantenimiento son elevados.
- No se realizan chequeos periódicos, sino hasta que se presenta otra anomalía. (7)

- **Mantenimiento preventivo.**

Es una técnica de dirección que provee los medios para la conservación de los elementos físicos de una empresa, en condiciones de operar con una máxima eficiencia, seguridad, economía y con una afectación mínima al medio ambiente.

El mantenimiento preventivo se ha diseñado con la idea de prever y anticiparse a las fallas de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas. (7)

Clasificación del mantenimiento preventivo.

Programado a tiempo fijo.- Las operaciones de mantenimiento se pueden realizar en intervalos de tiempo regulares, determinado por el número de horas, ciclos y días de operación.

Programado a tiempo variable.- Los trabajos de mantención se coordinan principalmente con el departamento de producción, motivo por el cual no se puede establecer una fecha fija. (7)

Ventajas del mantenimiento preventivo:

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos y máquinas.
- Mayor duración de los equipos.
- Disminución de permanencia de repuestos en bodegas, por lo tanto disminución de costos.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones. (7)

Desventajas del mantenimiento preventivo:

- Cambios innecesarios.
- Problemas iniciales de operación.
- Costo en inventario.
- Mano de obra.
- Mantenimiento no efectuado. (7)

- **Mantenimiento Detectivo.**

Es aquel proceso mediante el cual se determinan las fallas que a simple vista son inobservables, debido a ciertos elementos protectores que ocultan su existencia cuando se practican chequeos tanto periódicos como rutinarios. A fin de superar este ocultamiento se hace uso de la herramienta del mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), que

permite elaborar el plan de mantenimiento del equipo o máquina en estudio.

Es necesario precisar que entre el mantenimiento preventivo y predictivo se presentan intervalos temporales de desperfectos que toman como indicador el tiempo medio entre estas ocurrencias. Sin embargo, este indicador resulta irrelevante frente al del tiempo medio de falla (MTBF) o tasa de fallas (λ) del elemento de seguridad del equipo o máquina analizada (8).

Desperfectos Ocultos

Este tipo de desperfectos, en gran cantidad de organizaciones, no son tomados en cuenta ni tampoco su tratamiento se da en forma particular. Se debe considerar que los diferentes tipos de desperfectos son el origen de paradas operacionales que ponen en riesgo de operatividad a las instalaciones. Ciertas fallas son puestas en evidencia, presentando una alta probabilidad de inoperatividad de los equipos y máquinas de la organización. Pero, debe considerarse que existen otro tipo de desperfectos en los sistemas de seguridad que al presentarse no da lugar a inoperatividad de funcionamiento, porque su incidencia no es directa (9).

Fallas Simultáneas

La falta de disponibilidad de un equipo redundante o de protección, tiene su verdadero impacto cuando se combina con la avería (falla funcional) del equipo que se intenta resguardar. Cuando esta combinación se presenta, se dice que ha ocurrido una Falla Simultánea. En definitiva, lo que se persigue con la detección de fallos ocultos (Mantenimiento Detectivo) es evitar las fallas simultáneas. El esfuerzo necesario para evitar un fallo oculto dependerá de la gravedad de la falla simultánea (parámetro a considerar para establecer los intervalos de chequeo).

Cabe aclarar que, si bien el Mantenimiento Detectivo se aplica únicamente para poner de manifiesto fallos ocultos, no significa que la única o mejor herramienta para identificarlos sea esta. Debe aplicarse solo en los casos que no fue posible hallar rutinas preventivas, predictivas o de algún otro tipo (pro-activas), técnica y económicamente más fiables. (8)

Aplicación del Mantenimiento Detectivo.

Solo considerar la aplicación de este tipo de rutinas, bajo dos aspectos fundamentales.

Condiciones necesarias para aplicar mantenimiento detectivo:

Los fallos no son ocultos porque no se ven, sino porque no se ven sus consecuencias bajo condiciones normales.

- **Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM).**

Es un procedimiento sistemático basada en la probabilidad de funcionamiento que debe tener un equipo o máquina en condiciones adecuadas, de manera que continúen cumpliendo sus funciones requeridas por el usuario, en su contexto operacional. (9)

Ventajas del RCM:

- Asegura y aumenta la eficiencia del equipo en materia de seguridad de funcionamiento.
- Mejora la calidad del producto y el cumplimiento de normas de seguridad y medio ambiente.
- Mejora la comunicación entre el personal de mantenimiento y operación.
- Disminuye los costos directos e indirectos relacionados con el mantenimiento.
- Optimiza las actividades de carácter preventivo. (9)

Desventajas del RCM:

- Su implementación requiere de una planificación extensiva.
- Requiere de un involucramiento de todos los actores de la organización.
- Necesita mayores recursos y tiempo de preparación para su posterior ejecución. (9)

- **Mantenimiento proactivo.**

Se enfoca a eliminar o disminuir las consecuencias de las fallas y a extender la vida útil de las máquinas, buscando eliminar o minimizar la causa de la falla. (10)

Ventajas del mantenimiento proactivo:

- Engloba un conjunto de tareas del mantenimiento preventivo y predictivo.
- Disminuye las acciones del mantenimiento correctivo.
- Alarga su ciclo de funcionamiento.
- Obtiene mejores eficiencias en los procesos.
- Reduce los gastos de mantenimiento.
- Aumenta la disponibilidad y confiabilidad de los equipos incrementando los ingresos. (10)

- **Mantenimiento predictivo.**

Es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse antes de que falle, así el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza. (11)

Ventajas del mantenimiento predictivo:

- Minimizar los tiempos y costos de parada de un equipo.
- Reduce las tareas de carácter correctivo.
- Reduce los cambios innecesarios de partes.
- Permite tener un control exacto de lo que sucede con los equipos productivos.
- Permite adelantarse a la aparición de una falla mucho antes que suceda si se aplica correctamente. (11)

Desventajas del mantenimiento predictivo:

- Requiere de técnicos con conocimientos avanzados, como análisis de vibraciones, análisis de lubricantes, ultrasonido, termografía infrarroja y análisis de corriente eléctrica.
- Requiere de disponer de equipos y tecnología de análisis o de contratar servicios profesionales en determinadas áreas de investigación. (11)

- **Mantenimiento productivo total (TPM).**

El TPM, se puede definir como un programa para mejorar la efectividad global de los equipos, con la participación activa de los operadores y de todo el personal de la organización. El TPM trata de eliminar totalmente las pérdidas, esto implica cero fallas, cero defectos de calidad y cero accidentes. (12)

Ventajas del TPM:

- Se logra que cada operador sea responsable de su máquina.
- Realice tareas de mantención básicas tales como: limpiar, lubricar, inspeccionar.
- Permite formar pequeños grupos de trabajo para discutir problemas de mantención.
- Cubre todos los departamentos involucrados. (12)

Desventajas del TPM:

- El proceso de implementación es sumamente costoso.
- Requiere que el personal de toda la organización asuma sus funciones y compromiso dentro del TPM. (12)

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Confiabilidad

Es la probabilidad que un activo funcione en buenas condiciones en un tiempo determinado, bajo cierto contexto operativo. La confiabilidad va de la mano con la eficiencia y la eficacia.

2.3.2. Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM.

La filosofía de este mantenimiento está orientada a la confiabilidad, tuvo origen en Estado unidos, inicialmente desarrollado para el sector aéreo y luego en el sector industrial. Es un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en el contexto operativo.

Mantenimiento centrado en confiabilidad permite distribuir de forma efectiva los recursos asignados a la gestión de mantenimiento, tomando en cuenta la importancia de los activos dentro del contexto operacional y los posibles efectos o consecuencias de los modos de fallo de estos activos sobre:

- La seguridad
- El ambiente
- Las operaciones

Una trascendental peculiaridad del RCM es reconocer que la consecuencia de un fallo es mucho más importante que sus características técnicas, y por tanto, solamente merecen esfuerzos de

planificación, de prevención, financiamiento de recursos, materiales o de mano de obra, aquellos fallos que puedan y que realmente valgan la pena ser prevenidos. (13)

2.3.3. Disponibilidad

Corresponde al tiempo que un equipo o máquina está listo en cumplir su función en condición esperada, en un tiempo determinado. (13)

Indicador de disponibilidad

Este indicador se define como la probabilidad de que una maquina este en óptimas condiciones para producir en un tiempo determinado, sin dar cabida a averías, ajustes de máquina, paradas indefinidas o repentinas.

$$D = \frac{T_o}{T_o + T_p}$$

Dónde:

T_o = tiempo total de operación

T_p = tiempo total de parada

La ecuación anterior muestra la disponibilidad de forma natural, pero de forma práctica la disponibilidad se puede calcular a través de los tiempos medios entre las fallas y las reparaciones, de la siguiente manera:

$$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$$

Dónde:

$TPEF$ = Tiempo promedio entre fallas

$TPPR$ = Tiempo promedio de reparación.

2.3.4. Confiabilidad

Es la confianza o capacidad de un equipo o máquina para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo.

$$R = \frac{TPEF}{TPEF+TPPR}$$

Dónde:

TPEF: tiempo medio entre fallas

TPPR: tempo medio para reparación. (14)

Indicador de confiabilidad

Con este indicador se obtiene las probabilidades de desempeño de un equipo según su diseño, es decir que trabaje un periodo de horas establecidas y bajo las condiciones para las que fue diseñado.

Al analizar las fallas se registran otra medida de desempeño de los sistemas, para lo cual utilizamos la denominada tasa de fallas, por tanto, la medida del tiempo entre fallas (TPEF) se caracteriza por la fiabilidad de la máquina. (14)

$$R = \frac{TPEF}{TPEF+TPPR}$$

Dónde:

TPEF: tiempo medio entre fallas

TPPR: tempo medio para reparación.

Tiempo promedio entre fallas: Mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad, sin interrupciones dentro de un periodo considerado de estudio o llamado también tiempo medio entre fallas TMEF. (14)

$$TPEF = \frac{HROP}{\Sigma NTFALLAS}$$

Donde:

HROP: Horas de operación

NTFALLAS: Número de fallas detectadas.

2.3.5. Mantenibilidad

La mantenibilidad es la propiedad de un equipo o máquina que representa la cantidad de esfuerzo requerido para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla. (14)

Indicador de mantenibilidad

Nos indica la probabilidad de que un equipo en estado de fallo, pueda ser reparado en condiciones específicas y tiempo determinado, implementando recursos determinados.

Ahora se considera la media de tiempos de reparación (TTF) que caracteriza la mantenibilidad del equipo.

$$TPPR = \frac{TTF}{\Sigma NTFALLAS}$$

Dónde:

TTF: Tiempo total de fallas

NTFALLAS: Numero de fallas detectadas.

Tiempo promedio de reparación

Se obtiene mediante la relación entre el tiempo total de la intervención correctiva y el número total de fallas detectadas, en un periodo de observación.

La relación existente entre el tiempo promedio entre fallas debe estar asociada con el cálculo del tiempo promedio para la reparación. (14)

$$MTTR = \frac{TR1+TR2+TR3+\dots+TRn}{N}$$

Dónde:

N: número de reparaciones de las máquinas.

T_{Ri} : Tiempo de reparación.

Indicador de tiempo entre fallas

Es la relación que existe entre el número de máquinas reparadas después que ocurra la falla, por su tiempo de operación y el número total de fallas en el periodo de observación.

$$TMEF = \frac{NOIT*HROP}{\Sigma NTMP}$$

Dónde:

NOIT: Número total de máquinas o equipos en funcionamiento.

HROP: Horas de operación en un tiempo determinado.

NTMP: Número total de fallas detectadas en un periodo. (14)

Indicador de tiempo medio de reparación.

Es la relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de máquinas no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en un periodo de observación.

$$TMPF = \frac{\Sigma HROP}{NTMC}$$

Este índice se debe usar para ítems que son sustituidos después de la ocurrencia de una falla.

Es importante saber diferenciar los conceptos entre índice Tiempo Medio para la Falla y Tiempo Medio Entre Fallas. El primero (TMPF) se calcula para ítems que no son reparables tras haber ocurrido la falla, es decir cuando es sustituido por un nuevo y por lo tanto su tiempo de reparación es cero. El segundo índice (TMEF) es utilizado para ítems que son reparados tras la ocurrencia de la falla, por lo tanto estos dos índices son mutuamente exclusivos, el cálculo de uno excluye al otro.

Este índice es usado para calcular los ítems más importantes de la empresa, los cuales son los que afectan la facturación, la calidad de los productos o servicios, la seguridad o el medio ambiente, además utiliza valores acumulados por lo tanto toma su procesamiento más demorado que los demás. (14)

Tiempo medio entre mantenimientos preventivos

Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación, con relación al número total de intervenciones preventivas, en el periodo observado.

$$TPEP = \frac{NOIT * HROP}{\Sigma NTMP}$$

NOIT = Número total de máquinas o equipos en funcionamiento

HROP = Horas de operación en un tiempo determinado

NTMP = Número total de fallas detectadas en un periodo (14)

Tiempo medio para intervenciones preventivas

Relación entre el tiempo total de intervención preventiva en un conjunto de ítems, y el número total de intervención es preventiva en esos ítems, en el periodo observado.

$$TPMP = \frac{\Sigma HRMP}{NTMP}$$

Dónde:

HRMP = Horas total de intervenciones preventivas en un número de equipos

NTMP = Número total de fallas detectadas en un periodo. (14)

2.3.6. Análisis centrado en la confiabilidad por la Dra. Estrella, docente cubana.

El mantenimiento se ha convertido en la actualidad en una estrategia empresarial de competitividad, por ello es preciso que se tome en consideración no solo medidas técnicas sino medidas económicas y organizativas.

Se requiere entonces de un proceso de capacitación y formación continua en técnicas más avanzadas que incluyan métodos cualitativos y cuantitativos a personas involucradas, de manera que puedan tomar decisiones que conlleven a que el ciclo de vida de los equipos o máquinas sea eficiente y económico.

La estadística es muy importante en la mejora continua del mantenimiento, las mediciones es el punto de partida para el control y la gestión para luego aplicar la administración científica en las mismas.

Hace mención sobre:

- **Mauricio Lefcovich** - Consultor en Administración de Operaciones: “Sin estadísticas una empresa carece de capacidad para reconocer que actividades o productos le generan utilidades, y cuales sólo pérdidas. No contar con datos e interpretarlos correctamente es para los administradores como caminar en la oscuridad. Contar con los datos les ilumina, les permite ver lo que está aconteciendo y en consecuencia tomar las medidas más apropiadas.” (15)
- **Peter Drucker** hace dos afirmaciones básicas: Primero, afirma que pocos factores son tan importantes para la actuación de la organización como la medición. Segundo, lamenta el hecho de que la medición sea el área más débil de la gestión en muchas empresas. (16)

- **W. Edwards Deming:** un pionero en métodos estadísticos para el control de calidad, señaló que en Japón se pone mucho énfasis en las estadísticas para directores de empresa. En parte fue la aplicación de las técnicas estadísticas enseñadas por Deming lo que hizo que Japón pasara de ser un fabricante de imitaciones baratas a líder internacional en productos de primera calidad. (17)

Las estadísticas permiten responder preguntas como:

- ¿Cuáles son las averías que más se han producido en el último trimestre?
- ¿Qué tipo de reparaciones han generado mayores egresos?
- ¿En cuál etapa del ciclo de vida se encuentra cada uno de los equipos de la planta?
- ¿Cuál es el tiempo promedio de estadía de sus equipos principales?
- ¿Cuál es el tiempo medio entre fallos de cada equipo? ¿Cuáles son los tiempos promedios, máximos y mínimos de reparaciones por tipo de averías?

Atributos del mantenimiento clase mundial

Utilice herramientas estadísticas

Mantenimiento aprende:

- Con el análisis estadístico de fallas.
- Con los intervalos del mantenimiento preventivo.
- Con el ciclo de vida útil.

A partir de estas informaciones se podrá:

- Adoptar a tiempo las medidas técnicas correctivas,
- Confeccionar un presupuesto viable y efectivo,
- Evitar los excesos de stock y la obsolescencia de inventarios,

- Administrar mejor los recursos humanos de mantenimiento y
- Detectar la causa raíz de un problema y solucionarlo.

Los métodos cuantitativos, en particular las Técnicas de Confiabilidad, son muy útiles en la toma de decisiones en el campo del Mantenimiento y en la Gestión de activos en general, sin embargo, no se utilizan en la práctica.

En el mantenimiento el análisis cualitativo de la Confiabilidad no es de mucha utilidad por que no ofrecen información “creíble” al nivel de modo de fallo. Con datos cuantitativos la credibilidad de los resultados no puede ser cuestionada en alguna discusión, dado que los números tienen mejor representación.

En la práctica, el análisis de la Confiabilidad de un equipo y la efectividad del mantenimiento, puede ser mejor comprendido si utilizamos los métodos estadísticos - probabilísticos y las técnicas cuantitativas en general.

Los activos fijos son objetos físicos que participan en el proceso de producción o de servicio más de una vez y tienen vida limitada, pierden su valor a medida que se desgastan o transfieren su valor al producto o servicio en cuya elaboración participan: máquinas, equipos productivos y de energía, medio de transporte, muebles, edificios, etc.

El desgaste de activos puede ser de 2 tipos:

1-Físico o material:

- Mecánico
- La fatiga
- Desgaste molecular
- La corrosión.

2-Desgaste moral o tecnológico.

Las causas del desgaste moral o tecnológico pueden ser:

El desarrollo científico-técnico de la producción que permite adquirir equipos de mayor productividad al mismo costo.

El aumento de la productividad social del trabajo, que permite adquirir equipos del mismo tipo a menor costo.

La combinación de las anteriores causas, que conducen a la producción de equipos del mismo tipo, con rendimientos superiores y por ende, de mayor eficiencia que los existentes.

Buen estado:

Estado del equipo en el cual el mismo satisface todos los requisitos establecidos.

Estado de capacidad de trabajo: Estado del equipo que le permite cumplir las funciones asignadas manteniendo sus especificaciones dentro de los límites establecidos.

Estado de la máquina en el cual se producen:

- violaciones insuperables de los requisitos de seguridad,
- corrimiento irreversible de sus especificaciones fuera de los límites establecidos,
- Reducción insuperable de la eficiencia de la utilización por debajo de lo permisible.
- Fallos.

Concepto básico de la Teoría de la confiabilidad, constituye el hecho a partir del cual el artículo deja de cumplir total o parcialmente sus funciones. Es el cese del estado de capacidad de trabajo del equipo.

1. La ocurrencia de un fallo ocasiona costos.
2. Directos (debidos a la reparación).
3. Indirectos (pérdidas de producción y recursos ociosos)
4. Potenciales (por deterioro de partes, aumento de inventarios por baja confiabilidad, etc.)
5. Otros (incumplimientos a clientes, deterioro de la imagen...)
6. La Confiabilidad de un equipo debe ser estimada cuantitativamente
 - Con un enfoque probabilista (visión de futuro)
 - Con un enfoque histórico (medida de lo acontecido)
 - Independientemente de que sea posible caracterizarla cualitativamente.

La máquina cuya confiabilidad se estudia, se supone que está trabajando correctamente al inicio de su vida útil. Así, representando con R la confiabilidad (Reliability en inglés) y situando entre paréntesis al tiempo, resulta:

$R(0) = 1$ al inicio de su vida útil cuando el artículo con seguridad funciona.

$R(t) = 0$, ya que en un tiempo muy largo con seguridad el artículo habrá fallado.

La Inconfiabilidad $Q(t)$ se presenta como el complemento de la confiabilidad $R(t)$. (18)

Estadística descriptiva.

Resultado del proceso de tabulación u organización de los datos. Describe la “verdad” de la muestra.

Para el logro de estos objetivos pueden utilizarse técnicas de formación de clases o de formación de números relativos.

Se pueden construir fácilmente los gráficos estadísticos, particularmente los Histogramas de frecuencias cuya principal utilidad radica en permitirnos obtener una visión de la distribución a que mejor se ajustan los datos obtenidos y procesados. (19)

Ajuste de datos a modelos probabilísticos.

Si bien el histograma de frecuencias nos puede dar una idea de la distribución a la cual se ajustan los datos, existen métodos de la Estadística no paramétrica que nos permiten realizar dicha comprobación de manera mucho más eficaz. Las llamadas pruebas de bondad del ajuste, entre las que se encuentran la Prueba Ji-Cuadrado. (19)

Software: Relest

El sistema realiza el análisis de las muestras completas o “censuradas” y proporciona estimaciones de los parámetros de la distribución. Además de los valores medios, el sistema proporciona también las variaciones de los parámetros y los intervalos de confianza correspondientes.

Después de determinar los parámetros de la distribución, el sistema puede trazar la función de fiabilidad, la proporción de riesgo, la función de densidad probabilística y la función de densidad acumulativa. También computa el tiempo medio al fallo (MTTF) del componente o producto bajo el estudio.

El punto de partida es la pantalla principal que aparece cuando Relest se inicia.

Breve historia del RCM – Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

El mantenimiento ha evolucionado desde 1930, se han identificado tres generaciones que destacan por sus diferentes maneras de administrar el mantenimiento. (20)

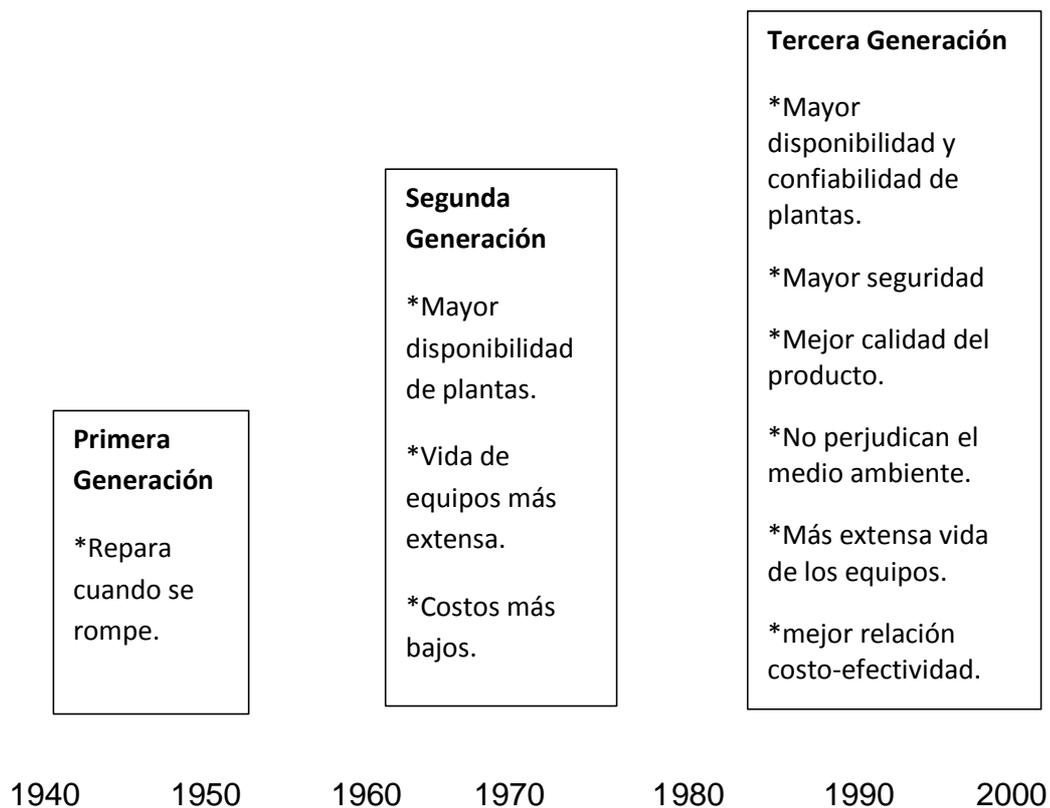
LA PRIMERA GENERACIÓN: Este periodo se desarrolla hasta la Segunda Guerra Mundial. Los tiempos de inactividad de los equipos de los que se disponían, no se consideraba de gran impacto debido a que era una generación industrial poco mecanizada.

La confiabilidad de los equipos era alta, porque su diseño era bueno y simple, lo que también repercutía en la rapidez de las reparaciones, estos factores llevaron a que en esta generación la prevención de fallas no era un asunto al cual los gerentes dieran tanto interés. El mantenimiento básicamente, consistía en la limpieza y lubricación, para lo cual no se requería disponer de personal de mantenimiento altamente calificado.

LA SEGUNDA GENERACIÓN: Desde la Segunda Guerra Mundial, surgió la necesidad del desarrollo de más equipamiento, al mismo tiempo que la disposición de mano de obra disminuyó. Estos aspectos, crearon la necesidad de mecanizar más actividades, multiplicando el número de máquinas y su complejidad; como consecuencia, la industria se hacía dependiente de las máquinas creadas. La inactividad de las máquinas empezó a tener un impacto mayor debido a que la independencia creció y la necesidad de prevenir las fallas a través de un mantenimiento preventivo cobró importancia.

El mantenimiento preventivo empezó a aplicarse desde 1960, la acción preventiva que se realizaba era el reacondicionamiento de los equipos a intervalos fijos de tiempo, este tipo de mantenimiento hizo que los costos de mantenimiento se incrementaran, en relación a otros costos operativos.

LA TERCERA GENERACIÓN: Los cambios en la industria, que surgieron a mediados del año 1970, produjeron cambios en el área de mantenimiento a las que se les ha denominado “nuevas expectativas, nuevas investigaciones y nuevas técnicas”. (20)



Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad-RCM.

Las acciones del mantenimiento centrado en la confiabilidad no las podemos limitar solo a unos cálculos de probabilidad de los sistemas sino es garantizar las funciones operacionales de los sistemas según los estándares para los cuales fueron diseñados, de manera óptima y segura a partir de las mejoras prácticas y técnicas de la gestión de mantenimiento que involucre a toda la organización y elementos físicos que la componen.

La metodología del RCM, es una técnica que se utiliza para elaborar un plan de mantenimiento para ello se debe reconocer las fallas respondiendo siete preguntas obligatoria y ordenadamente como se indica en la tabla 2.1:

Tabla 2. 1

N° de pregunta	Descripción de la pregunta	Requisito
1	¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociado al activo en su actual contexto operacional?	Funciones
2	¿De qué manera puede fallar al cumplir sus funciones?	fallos funcionales
3	¿Cuál es la causa de cada fallo funcional?	Modos de fallo
4	¿Qué sucede cuando ocurre cada fallo?	Efectos de fallo
5	¿De qué manera afecta cada fallo?	Consecuencias
6	¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada fallo?	Tareas proactivas y frecuencias de ejecución
7	¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?	Acciones predeterminadas

Fuente: (MOUBRAY, 1997).

Las funciones

Para responder a la primera pregunta que plantea la metodología RCM, se deben definir las funciones de un activo, entendiéndose que una función es lo que el usuario desea que el activo haga, en la tabla 2-1 se identifican los aspectos que involucran definir las funciones de un activo.

(20)

Tabla 2. 2

Aspectos a considerar para definir las funciones de un activo.

FUNCIONES DE UN ACTIVO
Definir el contexto operacional de un activo.
Identificar todas las funciones del activo/sistema (todas las funciones primarias y secundarias, incluyendo las funciones de todos los dispositivos de protección).
Todos los enunciados de una función deben contener un verbo, un objeto, y un estándar de desempeño (cuantificado en cada caso que se pueda hacer).
Los estándares de desempeño incorporados en los enunciados de una función deben tener el nivel de desempeño deseado por el dueño o usuario del activo/sistema en su contexto operacional.

Fuente: (MOUBRAY, 1997).

Para aplicar la metodología RCM, se debe primeramente definir el contexto operacional del activo que vamos a analizar, esto es considerar el ámbito en que se desempeña la máquina o equipo de parte del usuario, describiendo detalladamente los equipos y procesos, metas de seguridad ambiental y operacional, también involucra un listado de los dispositivos. (20)

LOS FALLOS FUNCIONALES: El orden de responder a las preguntas de la metodología RCM, es importante ya que la respuesta de la segunda pregunta se deriva de la respuesta de la primera pregunta, el fallo funcional es el incumplimiento de la función requerida.

Un fallo funcional se define como la incapacidad de todo bien de cumplir una función a un nivel de desempeño aceptable por el usuario, en el caso que el activo siga funcionando, pero si no cumple con el desempeño deseado ya se considera un fallo funcional. (20)

Falla

Situación en la que una máquina o sistema deja de funcionar o no realiza satisfactoriamente la función para la cual fue creado.

LOS MODOS DE FALLO: Cuando ha ocurrido un fallo funcional, lo que se debe hacer es identificar qué es lo que causa este fallo funcional, a la causa se le llama modo de fallo y es definido como “Cualquier suceso que cause un fallo funcional”. (20)

Tabla 2. 3

Aspectos a considerar para definir los modos de fallo de un activo.

MODOS DE FALLO
Identificar los modos de fallo “probables” que puedan causar cada fallo funcional. El método utilizado para decidir que contribuye un modo de fallo “probable” debe ser aceptado por el dueño o usuario del activo. Identificar los modos de fallo en un nivel de causalidad que haga posible identificar una política de manejo de fallos apropiado. Las listas de los modos de fallo deben incluir los modos de fallo que han ocurrido antes, los modos de fallo que están siendo prevenidos actualmente por la existencia del plan de mantenimiento y los modos de fallo que no han ocurrido aún pero que se piensa probables en el contexto operacional. La lista de los modos de fallo debe incluir cualquier evento que probablemente pueda causar un fallo funcional, incluyendo deterioro, efectos de diseño y errores humanos que puedan ser causados por operadores.

Fuente: (MOUBRAY, 1997).

LOS EFECTOS DEL FALLO: Una vez que se han identificado los modos de fallo, se deben describir que sucede cuando se presentan los modos de fallo, no deben ser confundidos con las consecuencias de un fallo, el efecto del fallo responde a la pregunta, ¿Qué sucede cuando se presenta el modo de fallo? Las consecuencias se refieren a los efectos que el modo de fallo tiene en las áreas como operativa, económica, seguridad y medio ambiente. (20)

Tabla 2. 4

Aspectos a considerar para los efectos de fallos.

Efectos de fallo
Los efectos de fallo deben describir lo que puede pasar si no se realiza ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detectar el fallo. Los efectos de fallo deben incluir toda la información necesaria para soportar la evaluación e las consecuencias del fallo, tales como: a- ¿Qué evidencia existe que la falla haya ocurrido? b- ¿Qué hace si se tiene efectos adversos en el ambiente a causa de la ocurrencia del fallo de un activo? c- ¿Qué hace para tener un efecto adverso en la producción o en las operaciones? d- ¿Qué daño físico causa el fallo? e- ¿Qué debe ser hecho para restaurar la función del sistema después del fallo?

Fuente: (MOUBRAY, 1997).

Las consecuencias del fallo

Las consecuencias de cada modo de fallo responden a la pregunta ¿De qué manera afecta cada fallo?, entonces las consecuencias son determinantes para el usuario o dueño para catalogar si los fallos son importantes o no.

Será necesario evaluar dos aspectos:

1. Si vale la pena realizar actividades proactivas para reducir las consecuencias: Si fuese posible reducir los efectos de un fallo, en lo relacionado a su frecuencia de ocurrencia y severidad, consecuentemente se podrán reducir las consecuencias, especialmente cuando se refiera a consecuencias graves para la seguridad humana, ambiental o económica. Existe la posibilidad que las consecuencias que se deriven de un fallo sean insignificantes; en tal caso la mejor estrategia será un mantenimiento correctivo, dejar que el fallo ocurra para luego realizar las correcciones (20).
2. Si las actividades proactivas son técnicamente posibles de realizar: Se debe investigar si físicamente es posible aplicar una tarea proactiva que reduzca la consecuencia de los fallos a un grado que sea aceptable por el usuario o dueño del bien. (20)

Las consecuencias deben ser categorizadas como sigue:

Consecuencias provocadas por modos de fallo ocultos y modos de fallo evidentes.

Consecuencias que tengan efecto sobre la seguridad y/o el ambiente, debe ser distinguida de los que solo tengan consecuencias económicas (consecuencias operacionales y no operacionales).

La valoración de las consecuencias de fallo se debe llevar a cabo como si ninguna tarea específica se esté llevando a cabo actualmente para anticipar, prevenir o detectar la falla. (20)

Funciones evidentes y consecuencias de un fallo.

Según J.Moubray, una función evidente *“es aquella cuya falla es inevitablemente evidente por sí misma para los operarios bajo circunstancias normales”*.

La literatura clasifica en tres categorías a las funciones evidentes, su grado de importancia va en orden descendente (20):

1. **Consecuencias a la seguridad humana y medioambiente:** Se dice que un fallo tiene consecuencias de seguridad humana, cuando el fallo puede dañar o terminar con una vida. Mientras que las consecuencias en el área medioambiental, podrán ser verificadas si el fallo pudiera llevar a una violación de cualquier norma medioambiental corporativa, regional o nacional.
2. **Consecuencias Operativas:** Las consecuencias operativas se encuentran en segundo lugar en grado de importancia. Se afirmará que un fallo tiene consecuencias operativas, si afecta la producción o las operaciones (rendimiento, calidad del producto, servicio al cliente, o costos operativos, además del costo directo de reparación).

3. **Consecuencias no operativas:** Un fallo de esta categoría no afecta ni a la seguridad, ni a la producción, implica únicamente costos directos de reparación. Según J. Moubray, una función oculta “es aquella cuya falla no será evidente a los operarios bajo circunstancias normales si esta se presenta por sí misma”, generalmente el fallo será evidente cuando ocurre otro fallo, que evidenciara la función oculta, al presentar un fallo asociado a esta función. Este tipo de función está ligado a equipos de protección que se ponen en funcionamiento que existe un fallo en el equipo al que protege (20).

Los equipos de protección, generalmente son empleados para:

- Alertar a los operadores de condiciones anormales del equipo protegido.
- Apagar el equipo en caso de fallo.
- Eliminar o aliviar las condiciones anormales que siguen a un fallo y que podrían causar daños más serios.
- Reemplazar una función que fallo.
- Prevenir la aparición de situaciones de peligro. (20)

Tareas proactivas y frecuencias de ejecución

Para realizar la metodología RCM se ha desarrollado una hoja informativa en el que se presenta un resumen de las funciones, fallos funcionales, modos de fallo, efectos y consecuencias. (20)

Tabla 2. 5

Hoja de información RCM

Hoja de información RCM	Área		Sistema n°	Facilitador:	Fecha:	Hoja n°
	Sistema		Subsistema n°	Auditor:	Fecha:	de
Función	Falla funcional		Modo de falla	Efecto de falla		
	A		1			
			2			
			:			
			n			
	B		1			
			:			
			n			
	C		1			
			:			
			n			
	D		1			
			:			
			n			

Fuente: Elaboración propia

Selección de las políticas de manejo de fallas

Una vez que se han identificado las funciones, modos de fallo y efectos; así como las consecuencias de un fallo, el procedimiento continúa con la selección de la política de manejo de fallas, para lo cual se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- La probabilidad condicional de algunos modos de fallo del equipo se incrementará con el tiempo (o con la exposición al esfuerzo).
- La probabilidad condicional de que otros modos de fallo del equipo no cambiará con el tiempo.
- La probabilidad condicional de que otros modos de fallo del equipo tampoco decrecerá con el tiempo.
- Todas las tareas programadas deben ser técnicamente factibles, es decir que sean aplicables al equipo y que valgan la pena hacerlas, es decir que sean efectivas en tratar la causa del fallo.

- Si dos o más políticas de manejo de fallas propuestas son técnicamente aplicables y efectivas, se deberá optar por la selección de la política que sea mejor costo-efectiva.
- La selección de las políticas de manejo de fallas debe llevarse a cabo como si ninguna tarea específica estuviese realizándose actualmente para anticipar, prevenir o detectar la falla del equipo.

(20)

El grupo de trabajo como componentes del RCM

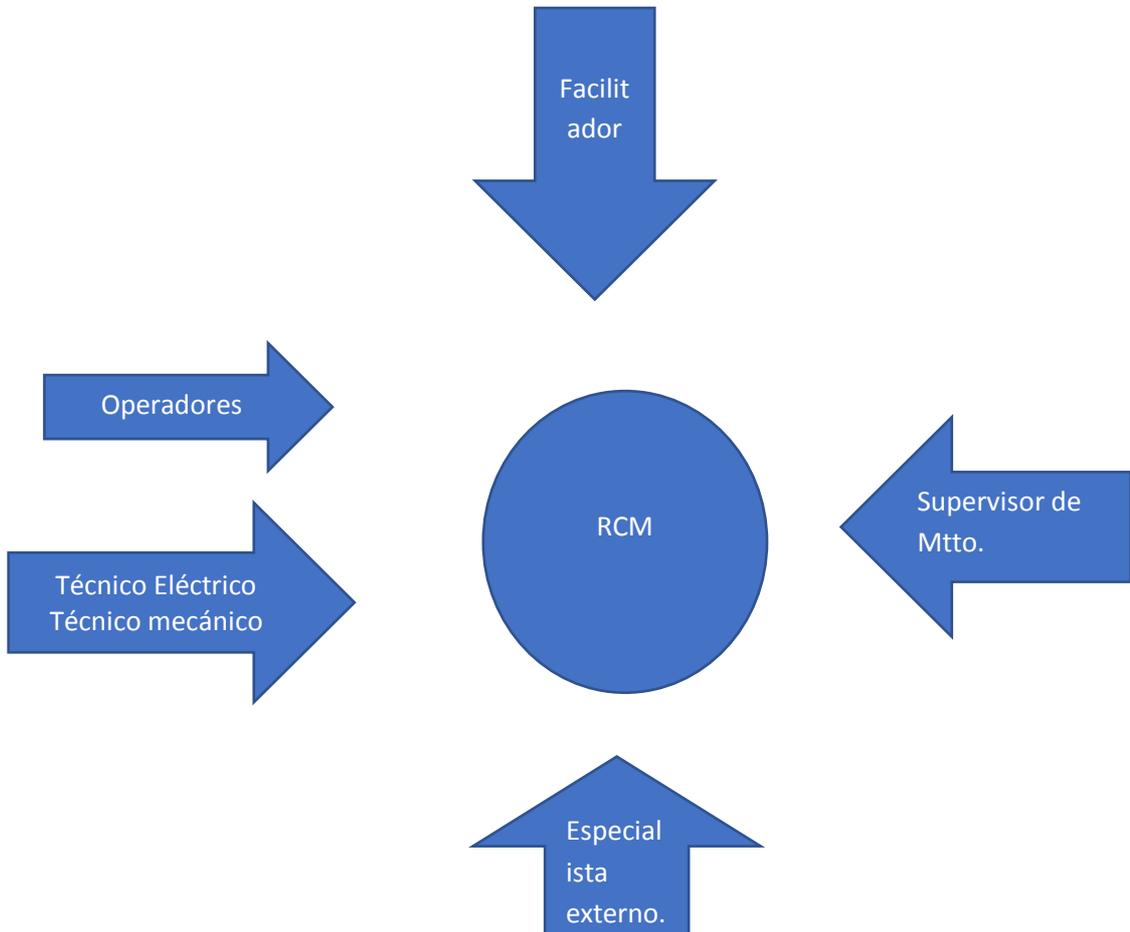
Parte de la metodología RCM, indica la conformación de grupos de trabajo, quienes generalmente lo forman, son las personas que conocen los sistemas, que incluye a personal de mantenimiento u operadores, quiénes son capaces de responder a las siete preguntas que plantea el RCM, con entrenamiento sobre lo que desea lograr, al responder cada pregunta.

La antigüedad de los miembros del grupo es menos importante que el hecho de que deben tener un amplio conocimiento de los equipos que se están estudiando. Cada miembro del grupo deberá también haber sido entrenado e RCM. El uso de estos grupos no solo permite que los directivos obtengan acceso de forma sistemática al conocimiento y experiencia de cada miembro del grupo, sino que se reparta de forma extraordinaria los problemas del mantenimiento y sus soluciones, según lo indica Moubrey. (20)

La conformación típica de un grupo de revisión RCM se muestra en el esquema siguiente:

Figura 2. 1

INTEGRANTES DEL GRUPO DE TRABAJO



Fuente: (Rojas, 2010). (21)

Tasa de fallos

El tiempo que transcurre hasta que la máquina deja de funcionar, también se le llama tiempo de vida, en los estudios de confiabilidad el tiempo medio de falla es la variable o característica que tiene especial interés, ellos tienen un comportamiento asimétrico y para el modelo de probabilidad se utiliza las distribuciones de weibull, lognormal, exponencial y gamma entre otros.

Todos los equipos presentan fallos en algún momento, entendiéndose como un fallo el “cese de la capacidad de un elemento para desarrollar una función requerida”. El número de fallos puede ser evaluado a través de un indicador, que se obtiene matemáticamente relacionando el número de fallos y un tiempo de operación determinado del equipo.

$$\lambda = \frac{T_f}{T_p}$$

Donde:

λ : Tasa de fallos (fallos/horas)

T_f : Número de fallos

T_p : Periodo analizado

También podemos definir tasa de falla en un intervalo $[t_1, t_2]$ (22)

$$\lambda(t) = \frac{R(t_1) - R(t_2)}{R(t_1)(t_2 - t_1)} \dots\dots\dots (2.1) \quad (18)$$

Modelos para el tiempo de falla

Los modelos que se utilizan para el tiempo de falla son: Weibull, exponencial, normal y log-normal. Aquí se mostrarán sus funciones de densidad $f(t)$, distribución acumulada $F(t)$, función de confiabilidad $R(t)$ y función o tasa de riesgo $h(t)$. (23)

Distribución exponencial

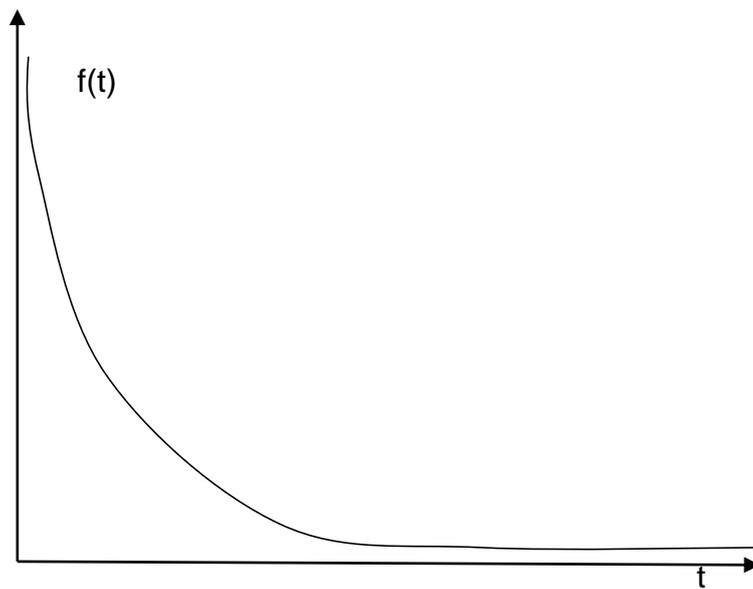
Modelo de confiabilidad para tasa de riesgo constante, de componentes de muy larga vida y alta calidad que “no envejecen” durante su vida útil. Se dice que esta distribución tiene falta de memoria ya que no importa el tiempo que haya transcurrido, su probabilidad de falla es la misma que cuando estaba nuevo, es muy aplicable a componentes electrónicos ya que no exhiben desgaste o mejora en el tiempo (por ejemplo los transistores, los resistores, los circuitos integrados y los condensadores).

No es aplicable a componentes con desgaste como las balatas o baterías cuya tasa de falla se incrementa con el tiempo. (23)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \dots\dots (2.2)$$

Gráfico 2. 1

Función de densidad

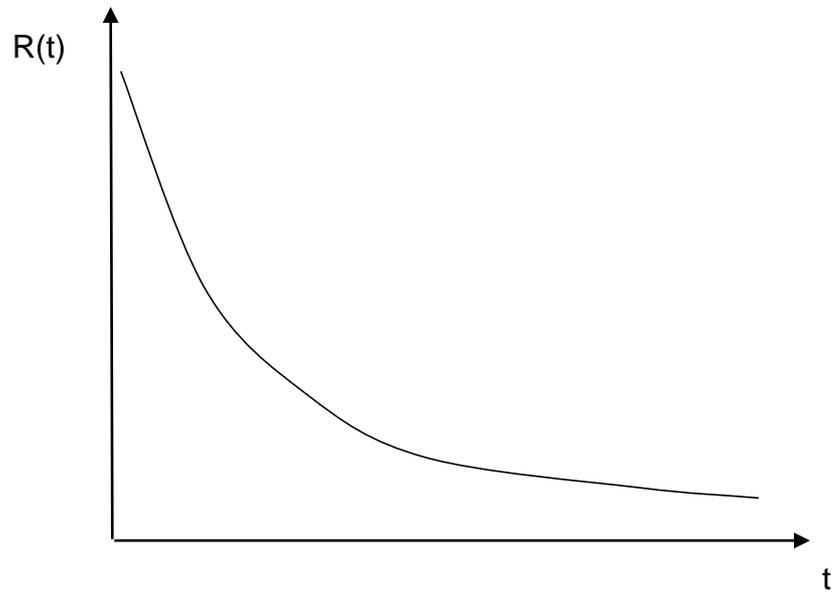


Fuente: Elaboración propia

$$R(t) = E^{-\lambda t} \dots\dots (2.3)$$

Gráfico 2. 2

Función de confiabilidad

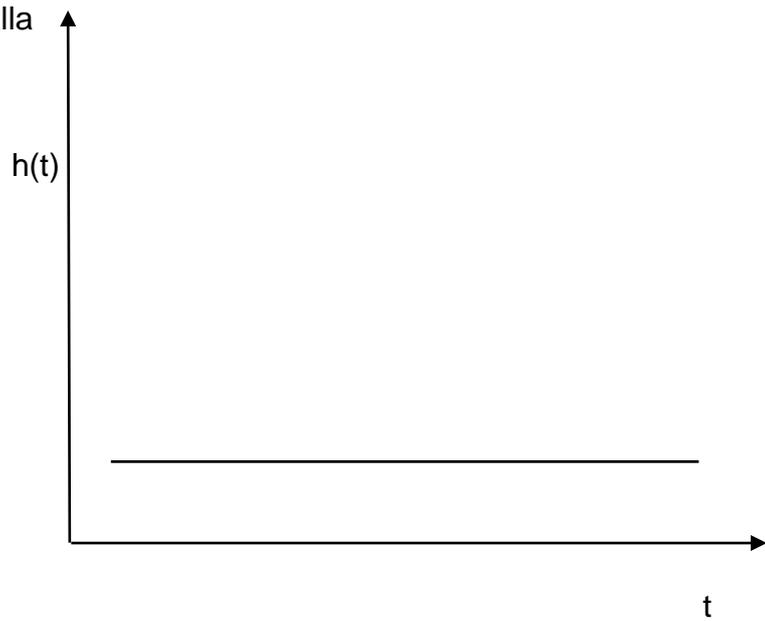


Fuente: Elaboración propia

$$h(t) = \lambda \dots\dots (2.4)$$

Gráfico 2. 3

Función de tasa de falla



Fuente: Elaboración propia

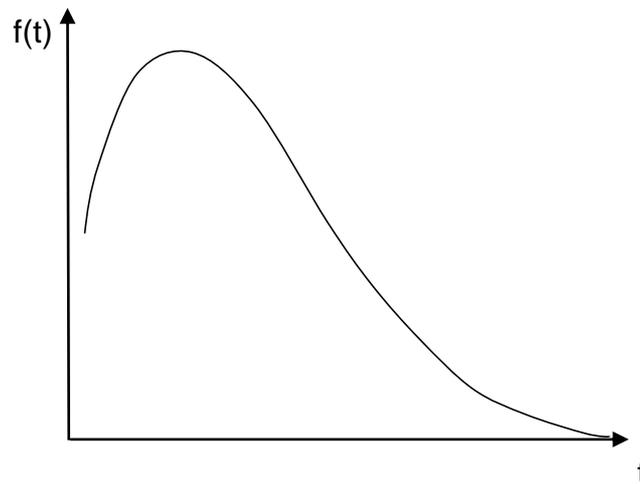
Distribución Weibull de 3 parámetros

En ocasiones las fallas no empiezan a observarse desde el tiempo cero sino hasta después de un período γ , es decir hasta después de este tiempo la probabilidad de falla es mayor a cero. Para esto se introduce en la distribución un parámetro de localización que recorre el inicio de la distribución a la derecha, quedando las funciones de densidad, de confiabilidad y de riesgo para la distribución de Weibull (β, η, γ) como sigue: (23)

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \dots\dots (2.5)$$

Gráfico 2. 4

Función de densidad

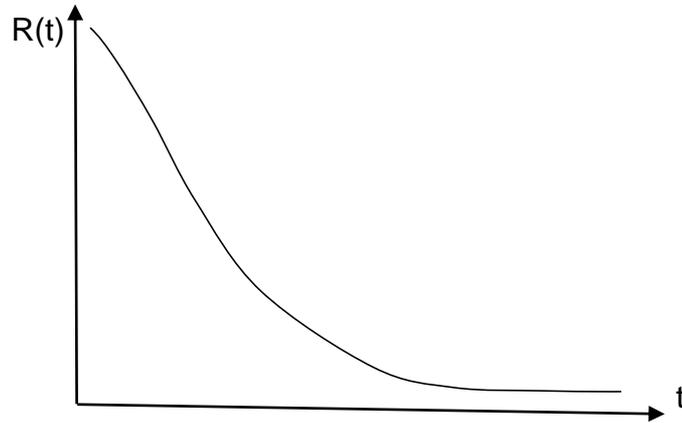


Fuente: Elaboración propia

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \dots\dots\dots (2.6)$$

Gráfico 2. 5

Función de confiabilidad

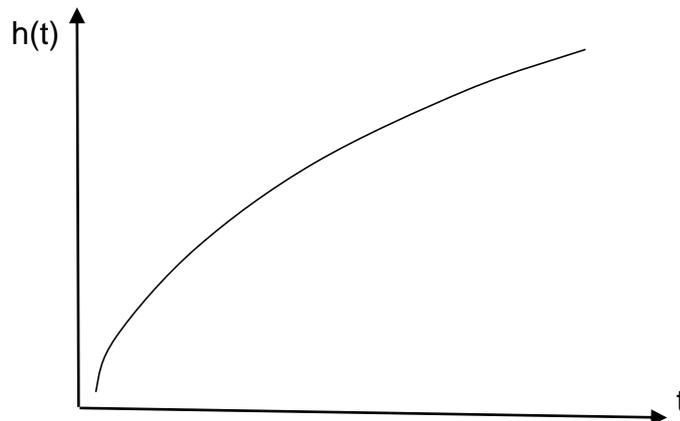


Fuente: Elaboración propia

$$h(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \dots\dots (2.7)$$

Gráfico 2. 6

Función de tasa de falla



Fuente: Elaboración propia

Distribución Normal

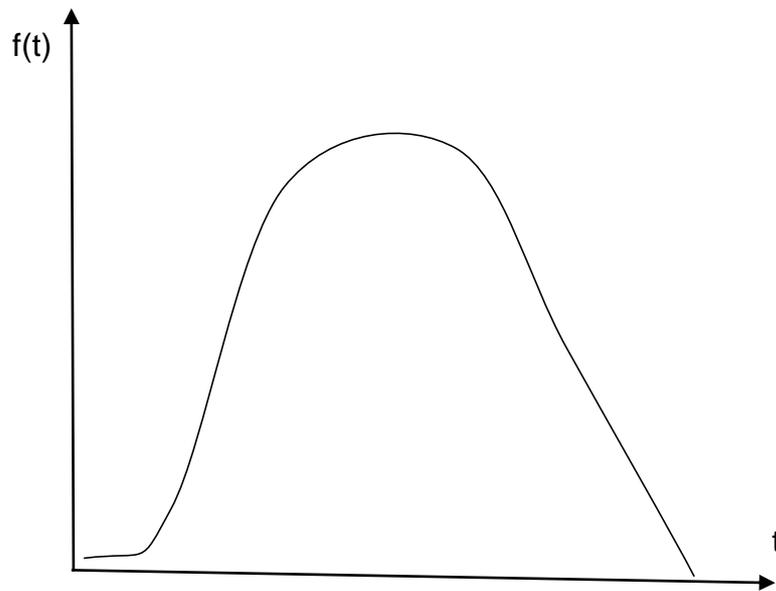
No es muy utilizada en confiabilidad dado su comportamiento simétrico, el comportamiento del tiempo de vida es asimétrico, sin embargo es un modelo adecuado cuando muchos componentes tienen un efecto aditivo en la falla del producto. Aquí μ es el parámetro de localización y σ es el parámetro de escala.

Sus funciones básicas de densidad, confiabilidad y tasa de falla son las siguientes: (23)

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \dots\dots (2.8)$$

Gráfico 2. 7

Fuente de densidad

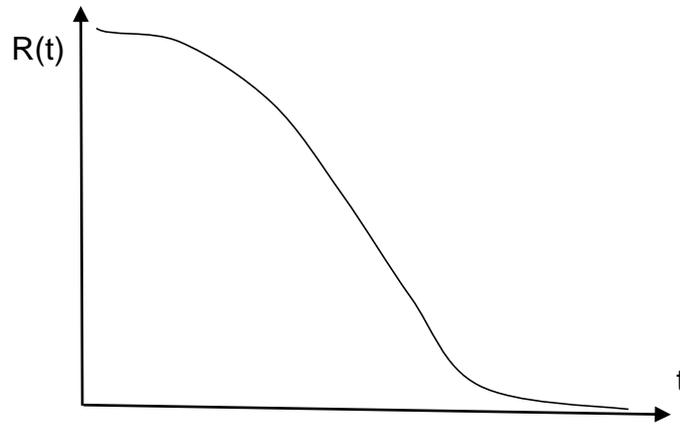


Fuente: Elaboración propia

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \dots\dots (2.9)$$

Gráfico 2. 8

Función de confiabilidad

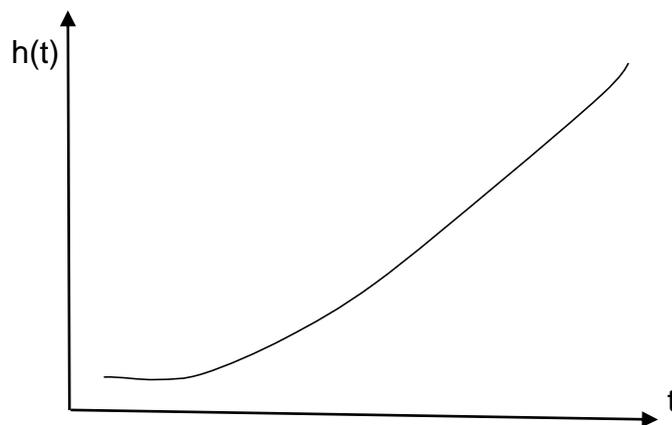


Fuente: Elaboración propia

$$\lambda_t = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots (2.10)$$

Gráfico 2. 9

Función de tasa de falla



Fuente: Elaboración propia

Distribución Log – Normal

Esta distribución es apropiada cuando los tiempos de falla son el resultado de muchos efectos pequeños que actúan de manera multiplicativa. Esto hace que al sacar el logaritmo de dichos efectos actúen como de manera aditiva sobre el logaritmo del efecto global o logaritmo del tiempo de falla, se aplica a procesos de degradación por ejemplo de fatiga de metales y de aislantes eléctricos.

La distribución Log normal es un modelo común para los tiempos de la falla, se justifica para una variable aleatoria obtenida como el producto de un número variables aleatorias positivas, independientes e idénticamente distribuidas. Se puede aplicar como modelo del tiempo de falla causado por un proceso de degradación con tasas aleatorias que se combinan multiplicativamente.

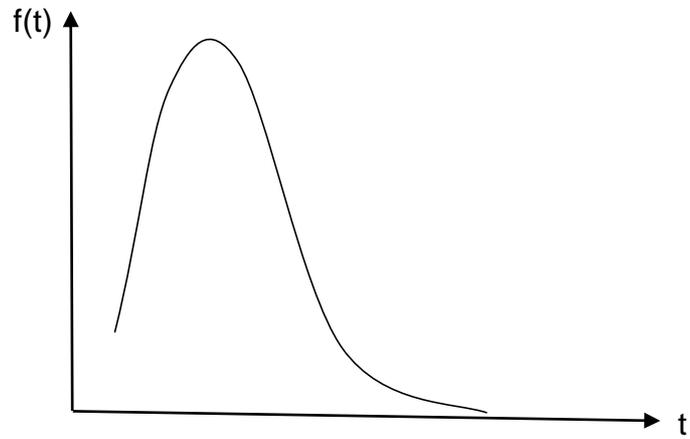
La distribución log normal se relaciona con la normal pues si T sigue una distribución log normal, su logaritmo sigue una distribución normal. Si T tiene una distribución normal, $Y = \exp(T)$ sigue una distribución log normal. (23)

Sus funciones básicas son las siguientes:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t} \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(t)-\mu}{\sigma} \right)^2} \right] \dots\dots (2.11)$$

Gráfico 2. 10

Función de densidad

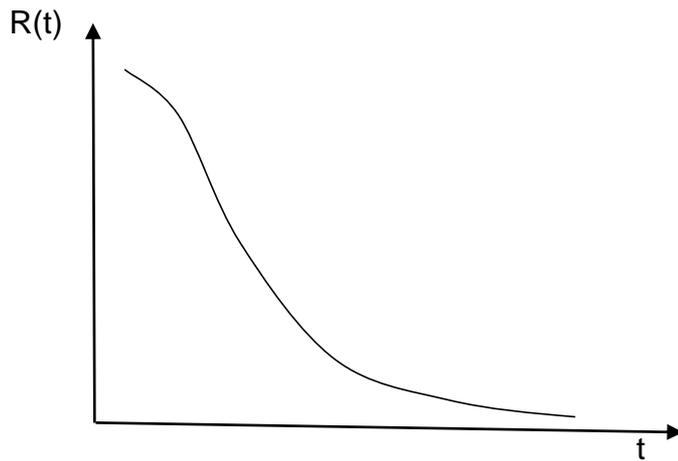


Fuente: Elaboración propia

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{1n(t)-\mu}{\sigma}\right) \dots\dots (2.12)$$

Gráfico 2. 11

Función de confiabilidad

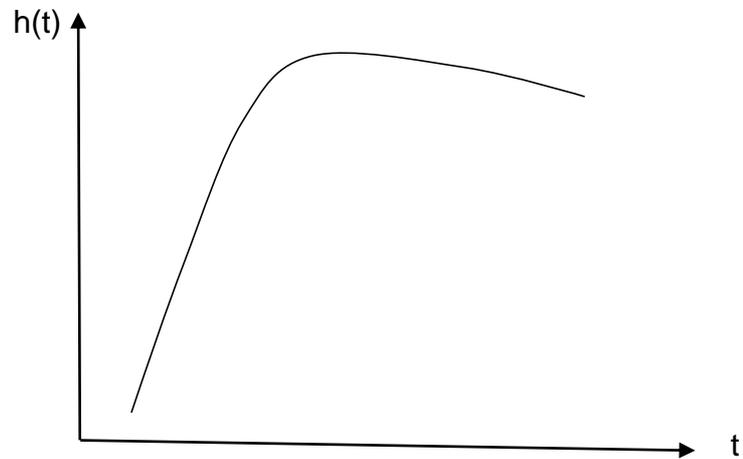


Fuente: Elaboración propia

$$\lambda_t = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots (2.13)$$

Gráfico 2. 12

Función de tasa de fallas



Fuente: Elaboración propia

Evolución de la tasa de fallos:

A lo largo del tiempo de vida de una máquina, la curva la bañera nos proporciona la duración de vida de un equipo se puede dividir en 3 periodos diferentes:

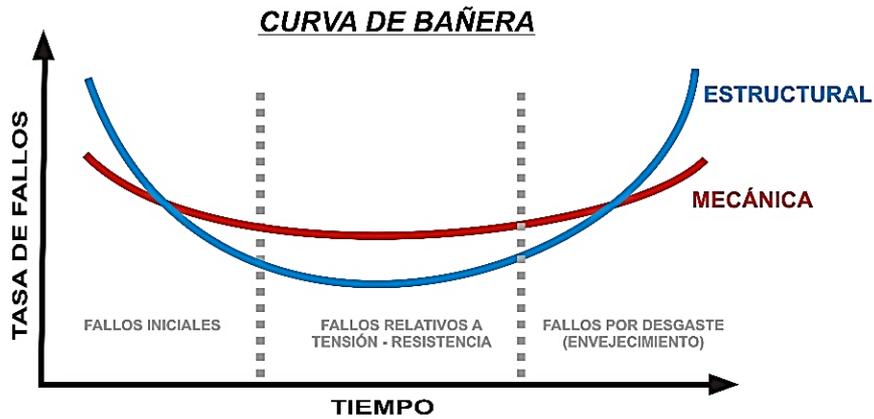
Juventud: Zona de mortalidad infantil, el fallo se produce inmediatamente o al cabo de poco tiempo de la puesta en funcionamiento, como consecuencia de diseño o ajuste inicial, es necesario revisar las condiciones reales de funcionamiento hasta dar con la puesta a punto deseada.

Madurez: periodo de vida útil en que se producen los fallos aleatoriamente es un periodo de mayor duración en que suele estudiar los sistemas ya que se supone que van a ser reemplazado antes que alcancen el periodo de envejecimiento.

Envejecimiento: Corresponde al agotamiento al cabo de un cierto tiempo de algún elemento que se consume o deteriora constantemente durante el funcionamiento. (23)

Gráfico 2. 13

Curva de fiabilidad



Fuente: Belén Muñoz, Abella Universidad Carlos III España 2010.

Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE)

Según información de los operarios y técnicos de mantenimiento que los sistemas más críticos en la unidad vehicular se desglosa en los siguientes componentes:

- Sistema de freno
- Sistema de suspensión
- Sistema embrague. (23)

Análisis de Modo de Fallo y efectos (AMFE) del sistema de Freno

Tabla 2. 6

Análisis de modos de fallos y efectos del sistema de freno.

Hoja de información RCM		Unidad vehicular		Sistema n°	Facilitador:	Fecha:	Hoja n°
		sistema de frenado		Subsist. N°	Auditor:	Fecha:	
Comp	Función	Falla funcional		Modo de falla	Efecto de falla		
				1			
				2			
				3			
				4			

Fuente: Elaboración propia

Análisis de modos de fallo y efectos del sistema de suspensión

Tabla 2. 10

Análisis de modos de fallo y efectos del sistema de suspensión

Hoja de información RCM		Unidad vehicular			Sistema n°	Facilitador:	Fecha:	Hoja n°	
Comp	Función	sistema de suspensión.			Subsist.N°	Auditor:	Fecha:		
Sistema de suspensión	A	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla					
				1					
				2					
	3								
	B	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla					
1									
2									

Fuente. Elaboración propia

Tabla 2. 11

Hoja de decisión RCM del sistema de suspensión

Hoja de decisión RCM		Unidad vehicular			Area n°	Facilitador:	Fecha:	Hoja n° 1
		Sistema de suspensión.			Cód. Sistema	Auditor	Fecha:	de 1
Referencia de información	Evaluación de las consecuencias	H 1	H 2	H 3	Acciones a falta de:	Tareas propuestas		Frecuencia inicial
								A realizar por:

Fuente: Elaboración propia

Fuentes para elaboración del plan de mantenimiento preventivo

La elaboración del plan de mantenimiento preventivo está sujeta a dos fuentes principales:

- Las especificaciones del fabricante dado por el manual de usuario en donde se encuentra las condiciones óptimas de operación, la vida útil y la capacidad de operación del equipo, también indica las partes críticas que requieren de mantenimiento, actividades de mantenimiento y frecuencias, y la experiencia dado por el historial del equipo donde se encuentran

documentados los modos de fallos, con base a esta información se puede determinar las partes críticas y las frecuencias para determinar los procesos y tiempos para las tareas de mantenimiento. (22)

Alcance del mantenimiento preventivo.

El alcance preventivo cubre las maquinarias y áreas que se puedan malograr por el uso o el paso del tiempo, es así que los vehículos están considerados en este tipo de mantenimiento.

La planificación del mantenimiento preventivo es una tarea meticulosa que requiere del estudio de cada uno de los equipos y de sus componentes, para así fijar la atención en el componente crítico y se realiza por fases para facilitar la planificación.

1. inventario técnico de los equipos con las especificaciones de sus características, en esta fase también se reúne todos los manuales, fichas técnicas, planos y esquemas.
2. Estructuración de los planes y cronogramas de mantenimiento.
3. Implementación del plan de mantenimiento, en esta fase se documenta los registros de reparaciones, repuestos y costos que ayuden al control del plan de mantenimiento. (22)

Distribución del tiempo en la reparación de una avería.

En el mantenimiento correctivo se empieza por un análisis del tiempo necesario para la puesta de la disponibilidad luego que una máquina o equipo haya sufrido una avería, lo que permite reducir el tiempo medio de reparación de fallos. Las consideraciones en la distribución de tiempo de reparación serán como sigue: (22)

Tiempo de detección: Es el tiempo que transcurre entre el origen del problema y su detección.

Tiempo de comunicación: Es el tiempo que transcurre entre la detección del problema y localización del equipo de mantenimiento.

Tiempo de espera: Es el tiempo que transcurre desde la comunicación de la avería hasta el inicio de la reparación.

Tiempo en el diagnóstico de la avería: Es el tiempo necesario para que el operario de mantenimiento determine que está ocurriendo en el equipo y como solucionarlo.

Tiempo de acopio de herramientas: Es el tiempo que necesita el operario para situar las herramientas en el lugar de intervención.

Tiempo de acopio de repuestos: Es el tiempo que transcurre hasta la llegada del repuesto utilizado en la intervención.

Tiempo de la reparación de la avería: Es el tiempo necesario para solucionar la avería, de manera que la maquina recupere su disponibilidad.

Tiempo de pruebas funcionales: Es el tiempo necesario para comprobar que el equipo ha recuperado adecuadamente su disponibilidad.

Tiempo de puesta en servicio: Es el tiempo que transcurre entre la solución completa de la avería y la puesta en servicio de la máquina.

Tiempo de redacción de informes: Es el tiempo necesario para redactar el informe que involucre detalles como los síntomas. La causa, la solución y las medidas adoptadas preventivamente. (22)

Diagrama de flujo para la elaboración de un plan de mantenimiento basado en las recomendaciones de los fabricantes:

Figura 2. 2

Plan de mantenimiento RCM



Fuente: Rojas 2010 (21)

- El Mantenimiento Centrado en confiabilidad o RCM va más allá. Tras el estudio de fallos, no solo obtenemos un plan de mantenimiento que trata de evitar los fallos potenciales y previsibles, sino que además aporta información valiosa para elaborar o modificar el plan de formación, el manual de operación y el manual de mantenimiento.

Figura 2. 3

Diagrama de flujo de la elaboración del plan de mantenimiento basado en el análisis de fallos



Fuente: Rojas 2010 (21)

2.4 CONCEPTOS BÁSICOS

1. PLAN: Un plan es una intención o un proyecto. Se trata de un modelo sistemático que se elabora antes de realizar una acción, con el objetivo de dirigirla y encauzarla.

2. RCM: Mantenimiento basado en fiabilidad y/o confiabilidad.

3. TMPR: Tiempo promedio que se demora en reparar el equipo cada vez que es intervenido.

4. TMEF: Tiempo medio entre fallas.

5. BHP: Por sus siglas en inglés “Brake Horse Power” y traducido al español significa caballos de fuerza al freno.

6. MANTENIMIENTO SEGÚN LAS NORMAS TECNICAS

Norma Americana MIL-STD-721c: dice son todas las acciones para conservar un objeto en un buen estado o restablecerlo a él.

Organización Europea de Mantenimiento: dice que es una función empresarial a la que se encomienda el control constante de las instalaciones así como la revisión constante y reparaciones para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las máquinas en la instalación industrial.

Norma inglesa BS3811: dice que es la combinación de acciones técnicas y administrativas tendientes a conservar las máquinas o restablecerlo tal que pueda cumplir su función.

Norma francesa AFNOR NF X 60 -010: dice que el mantenimiento es un conjunto de acciones que permiten mantener o restablecer un activo para que pueda realizar una función determinada.

7. DISPONIBILIDAD: Situación de estar disponible la componente de un equipo o sistema que sufrió mantenimiento, para realizar la actividad optima en un tiempo dado.

8. MANTENIBILIDAD: Es la capacidad que tiene un activo o componente de ser mantenido o restaurado en un periodo de tiempo, a un estado donde sea capaz de realizar su función original nuevamente.

9. EQUIPO: Conjunto de accesorios necesarios para realizar cierta actividad.

10. MÁQUINA: Conjunto de mecanismos dispuestos para producir, aprovechar o regular una energía motriz.

11. CONFIABILIDAD: Es la probabilidad de que un equipo funcione bien, expresa el grado de confianza.

12. PROGRAMA: Conjunto de operaciones que se realiza para lograr un resultado.

13. PARADAS: Es el tiempo donde las máquinas dejan de producir a fin de darle un tipo de mantenimiento.

14. OPERATIVIDAD: Es la cualidad que nos indica el buen funcionamiento de un equipo o máquina.

15. GESTIÓN: Conjunto de acciones que se realizan para administrar una empresa.

16. PROPUESTA: Es un proyecto que se presenta a una autoridad para ver si procede su aprobación.

17. CAUSA: Situación o actitud que provoca una acción.

18. EFECTO: Es el resultado de una causa.

19. RELACIÓN: Es el vínculo o conexión entre dos hechos u objetos

20. ERM: Por sus siglas en ingles "Enterprise Risk Management" traducido significa Administración de Riesgos Empresariales lo cual es un proceso que permite tratar eficazmente la incertidumbre, identificando riesgos y oportunidades, y optimizando la capacidad de generar valor.

21. FALLA O AVERÍA: Daño que impide el buen funcionamiento de la maquina o equipo.

22. DEFECTO: Suceso que ocurre en una máquina que no impide el funcionamiento.

23. ENTRENAMIENTO: Preparar o adiestrar al personal de mantenimiento, para que sea capaz de actuar con los mejores criterios en las actividades de mantenimiento.

24. DIAGNOSTICO: Es evaluar su situación y su desempeño de la máquina para luego dar a conocer las causas.

25. PREVENCIÓN: Preparación que se hace con anticipación ante un riesgo de falla o avería de una máquina.

26. REPARACION: Solución de una falla para que la maquina este en estado operativo.

27. SEGURIDAD: Asegurar las buenas condiciones en los equipos y el personal para garantizar el buen funcionamiento de la empresa.

28. MEJORAR: Pasar de un estado a otro, donde la máquina brinda un mayor desempeño.

29. PLANIFICAR: Realizar un plan o proyecto de actividades que se van a realizar en un periodo de tiempo.

30. CAUSAS: Son los diferentes motivos que están vinculados con la producción de las fallas en las máquinas.

31. FALLAS FÍSICAS: Están relacionados con las magnitudes físicas como: temperatura, presión.

32. FALLA FUNCIONAL: Están relacionadas con la función de desempeño de los equipos, dependerán del uso, y de las inspecciones básicas que se les realice.

33. CRITICIDAD: Es una herramienta efectiva para encontrar los elementos críticos, y para la toma de decisiones en priorizar la actividad de mantenimiento.

34. ANÁLISIS: comprobación de la existencia y consistencia de los requerimientos.

35. ANÁLISIS DE CRITICIDAD: es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.

36. CAUSA: es el medio por el cual un elemento particular del proyecto o proceso resulta en un modo de falla.

37. CONFIABILIDAD OPERACIONAL: es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

38. DETECTABILIDAD: indica el grado de facilidad en la detección de la falla.

39. FALLA FUNCIONAL: tipo de desperfecto o avería que reduce a cero la capacidad de cualquier elemento físico de satisfacer un criterio de funcionamiento deseado. Dicho de otra manera, es el tipo de falla por la cual un equipo deja de funcionar totalmente.

40. FALLA PARCIAL (POTENCIAL): tipo de desperfecto o avería, o condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir una falla funcional. Estas fallas están por encima o por debajo de los parámetros identificados para cada función. Por ejemplo, el elemento no cumple un estándar o parámetro establecido de su servicio.

41. FRECUENCIA: es la probabilidad de ocurrencia de la falla. Idealmente debiera extraerse a partir de estadísticas de falla, en caso contrario debe conocerse con muy buena aproximación el patrón de falla del equipo/proceso y la fase por la cual está pasando actualmente. La figura 2 describe los patrones de falla típicos.

42. GRAVEDAD O SEVERIDAD DE LA FALLA: indica como la falla afecta al usuario o cliente (desde el punto de vista de la producción, de los daños al equipo y daños colaterales, daños al medio ambiente y seguridad industrial).

43. INDICADOR DE GESTIÓN: un indicador de gestión es la expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas según el caso.

44. REQUERIMIENTO: un requerimiento es una condición o necesidad que exhibe o posee un sistema para satisfacer un contrato, estándar, especificación, u otra documentación formalmente impuesta. En este caso, el correcto funcionamiento del vehículo.

45. VERIFICACIÓN: constatación de que los requerimientos especificados son correctos.

III. VARIABLES E HIPOTESIS

3.1 . VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.

- Variable Independiente: (x)

Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

- Variable Dependiente: (y)

Disponibilidad de las unidades de la flota vehicular.

3.2 . OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Implica desglosar las variables a fin de llegar a niveles de concreción expresados en los indicadores, como se muestra en el cuadro siguiente:

Variables	Dimensión	Indicadores
Variable independiente: MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD.	• Plan de acción proactivo	• Reducción de los mantenimientos correctivos no programados en los equipos
		• Cumplimiento de los mantenimientos preventivo.
	• Registro de inspecciones	• Identificación de fallas potenciales
		• Cumplimiento con el quincenal de inspección
	• Círculos de calidad	• Propuestas de solución en fallas repetitivas
		• Relaciones interpersonales entre el equipo de mantenimiento
Variable Dependiente: DISPONIBILIDAD DE LAS UNIDADES DE LA FLOTA VEHICULAR.	• Tiempo de respuesta.	• Rapidez en las soluciones
		• Efectividad en las soluciones
	• Reporte de fallas	• Cantidad de soluciones
		• Discriminación de tipo de fallas
	• Impacto del mantenimiento	• Costo de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

3.3 . HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1 Hipótesis General

- El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) influye significativamente en la disponibilidad de las unidades de la flota vehicular - Municipalidad de San Miguel.

3.3.2 Hipótesis Específicas

1. El conocimiento del análisis de modos y efectos de falla (AMEF) hace posible definir las prioridades de atención de los subsistemas de la unidad vehicular para incrementar la disponibilidad.
2. La aplicación de la metodología del RCM basado en la confiabilidad posibilita incrementar la disponibilidad de las unidades vehiculares.

IV. METODOLOGIA

4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Según CIRO (2014), es una investigación tecnológica, ya que tiene como propósito aplicar los resultados de la investigación para la solución de los problemas, él tipo de investigación es tecnológica ya que aplica los conocimientos relacionados en la elaboración de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de equipos y máquinas y dar solución al problema planteado. (24)

4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

Según Ciro (2014), corresponde un diseño descriptivo simple y correlacional, ya que se busca recoger información actualizada sobre el objeto de investigación basado en la observación de la muestra y correlacionar las variables en estudio. (24)

4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.

Actualmente se cuenta con la Oficina de Maestranza, implementada el 23/06/ 2017 mediante Resolución de Alcaldía N° 511-2017-MDSM con la finalidad que esta se encargue de manera integral de efectuar el mantenimiento preventivo y correctivo de la Flota Vehicular de la Municipalidad de San Miguel, La población de la flota automotriz está conformada por 76 camionetas Toyota Hilux año 2014 y 2016, la muestra está conformada por una unidad vehicular, ya que presentan las mismas características mecánicas.

La Unidad vehicular es parte de la flota de vehículos que brinda servicio en el distrito de San Miguel, dando seguridad a los vecinos y pobladores flotantes, su régimen de trabajo es todos los días las 24 horas con personal rotatorio en 3 turnos, este vehículo tiene como función principal trasladar a los agentes de seguridad por las calles del distrito, su

itinerario está establecido por el Gerente de Seguridad ciudadana de la Municipalidad.

Los tiempos medios entre fallas, fue proporcionado por el Sr. Miguel Moisés Delgado Cacho operador responsable del Área de Mantenimiento que viene laborando más de 10 años en dicha área.

Tabla 4. 1

Tiempo medio entre fallas en horas (TMEF)
de la unidad vehicular en estudio

Unidad vehicular	Sistema embrague	Sistema frenos	Sistema Suspensión
EUE-052	3900	400	2160
EUE-053	3000	460	2200
EUE-056	3200	420	2300
EUE-091	2950	500	1440
EUE-092	3100	600	1660
EUE-094	3300	520	1800
EUE-095	3400	480	1900
EUE-096	3150	560	2000
EUE-097	3420	600	2100
EUE-101	3520	720	1950
EUE-102	3600	680	1450
EUE-195	3700	480	2150
EUE-106	3800	450	1980
EUE-108	3900	560	2050
EUE-110	4000	660	1880
EUE-114	4100	720	1680
EUE-207	4200	460	1720
EUE-212	4100	700	1450
EUE-665	4000	720	1640
EUE-666	3350	800	1600
Media	3584,5	577,5	1855,5

Fuente: Elaboración propia

4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de recolección de datos se basan en:

A) Observación: Consiste en realizar visitas, in situ de la zona de trabajo Taller de maestranza, lo cual nos permitirá observar las diversas unidades vehiculares para analizar datos relevantes que nos ayudará en analizar su estado actual.

B) Entrevista: Consiste en entrevistar al personal técnico, coordinador del área de mantenimiento para conseguir información relevante que nos permita la elaboración del cuadro de base de datos sobre el estado actual de las unidades vehiculares, el instrumento utilizado en este proyecto está basado en la confiabilidad.

4.5. PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE DATOS.

Según Ciro (2014), dado que el propósito de la investigación es analizar el estado actual de la unidad para lograr una disponibilidad continua aplicaremos la estadística inferencial con los resultados obtenidos directamente de la muestra. (24)

En este proyecto el estudio y la aplicación de la metodología R.C.M (“Reliability Centered Maintenance” o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) se utiliza para establecer el plan de mantenimiento más apropiado para la flota de vehicular encargada de la seguridad ciudadana del distrito de San Miguel y reducir el tiempo de parada por avería inesperada, se utilizara el programa estadístico Relest en la aplicación, para reducir la tasa de fallas y el tiempo medio entre fallas (MTBF).

V. RESULTADOS

5.1. DATOS RECOGIDOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL.

Tabla 5. 1

Tiempo medio entre fallas en horas (TMEF)
de la unidad vehicular en estudio

Unidad vehicular	Sistema embrague	Sistema frenos	Sistema Suspensión.
EUE-052	3900	400	2160
EUE-053	3000	460	2200
EUE-056	3200	420	2300
EUE-091	2950	500	1440
EUE-092	3100	600	1660
EUE-094	3300	520	1800
EUE-095	3400	540	1900
EUE-096	3150	560	2000
EUE-097	3420	600	2100
EUE-101	3520	720	1950
EUE-102	3600	680	1450
EUE-195	3700	480	2150
EUE-106	3800	450	1980
EUE-108	3900	560	2050
EUE-110	4000	660	1880
EUE-114	4100	720	1680
EUE-207	4200	460	1720
EUE-212	4100	700	1450
EUE-665	4000	720	1640
EUE-666	3350	800	1600
Media	3584,5	577,5	1855,5

Tabla 5. 2
Cuadro de disponibilidad actual

	T_{total}	T_o	# fallas	TPEF	Disponibilidad	D_{total}
sistema freno	8760	7514	13	578	85.7%	59%
sistema suspensión	8760	7424	4	1856	84,7%	
sistema embrague	8760	7170	2	3585	81,8%	

Fuente: Elaboración propia

5.2. PROCESO DE OPTIMIZACIÓN MEDIANTE EL SOFTWARE RELEST PARA SISTEMA DE FRENOS

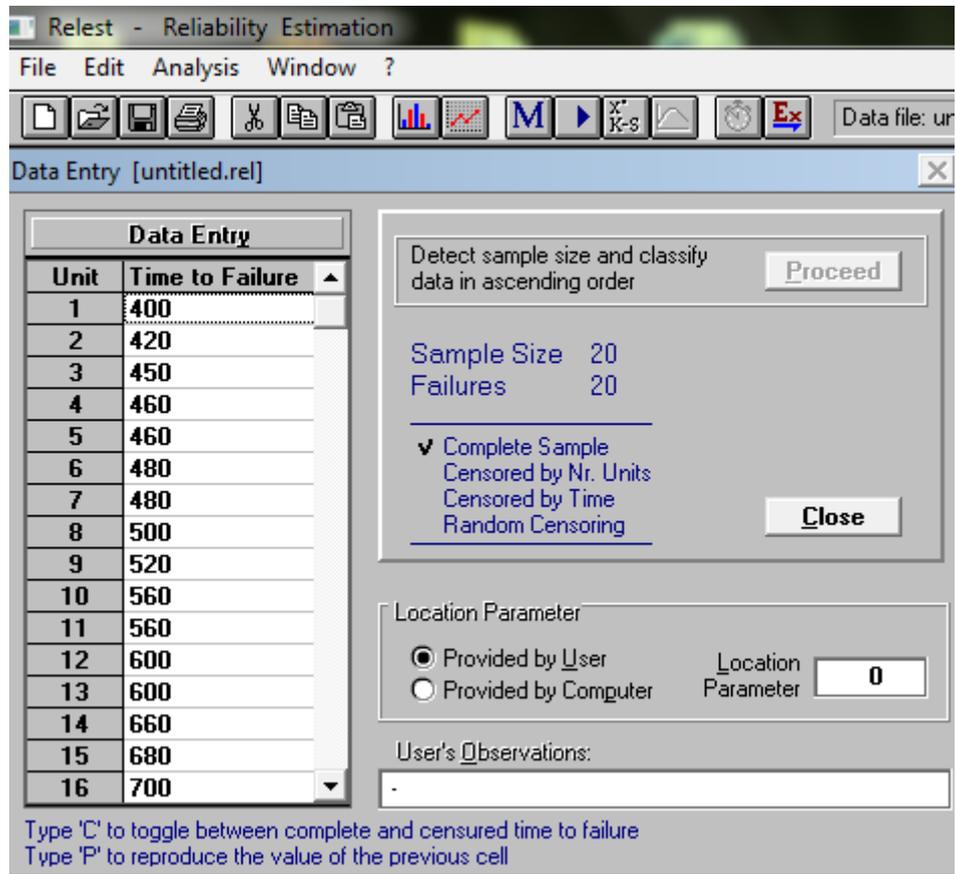
Los pasos a seguir para el uso del Relest fueron:

1. Cargar datos/procesos
2. Análisis/opción(selecciona modelo)
3. Exponencial/continuar(correr modelo)
4. Análisis/distribución fitting
5. Ver lo anterior, eliminar(edit/cul-control-X)
6. Seleccionar lo anterior/borrar/cortar
7. Análisis/distribución fitting (se hace hasta que no haya que anular)
8. Analysis/goodness of fifty (ajustes)
9. Análisis /exten calcular (desv estandar)
10. Análisis /prob. Ploteo (gráficos).

Y así sucesivamente para las otras distribuciones.

Figura 5. 1

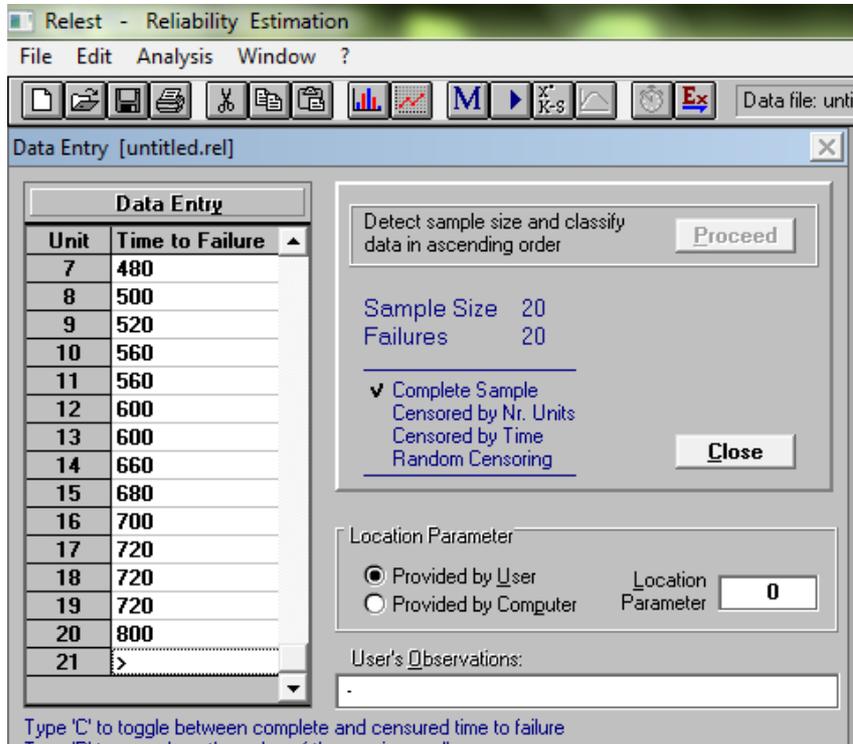
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 2

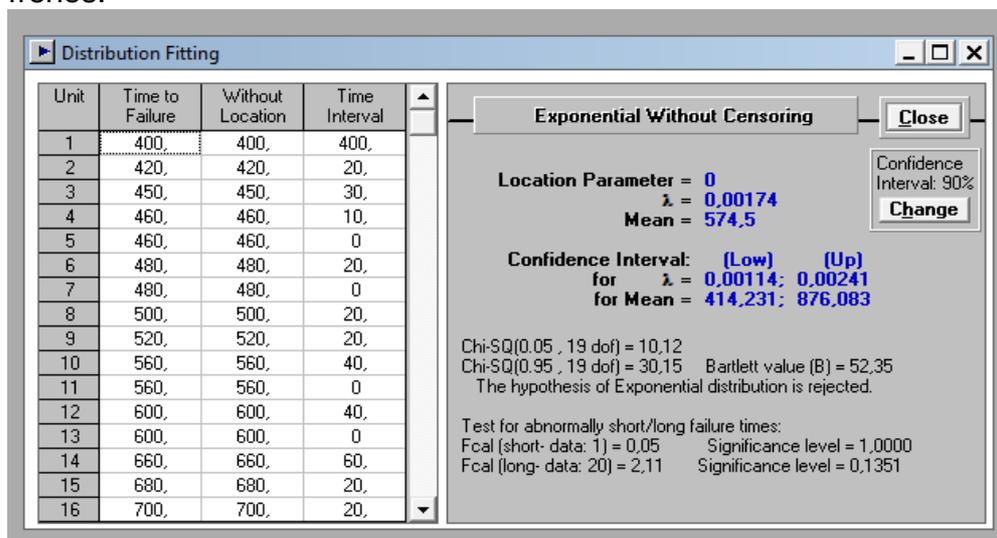
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 3

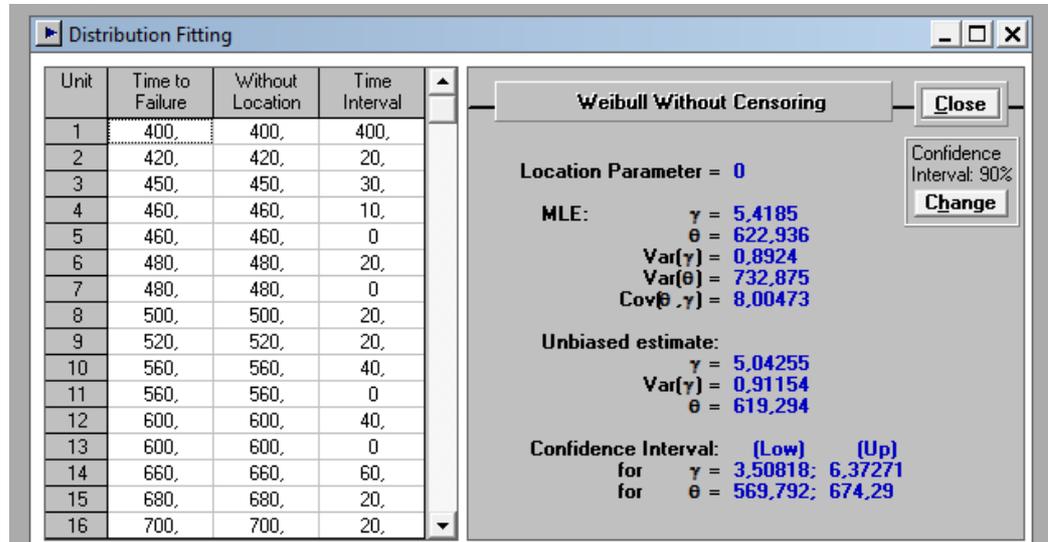
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 4

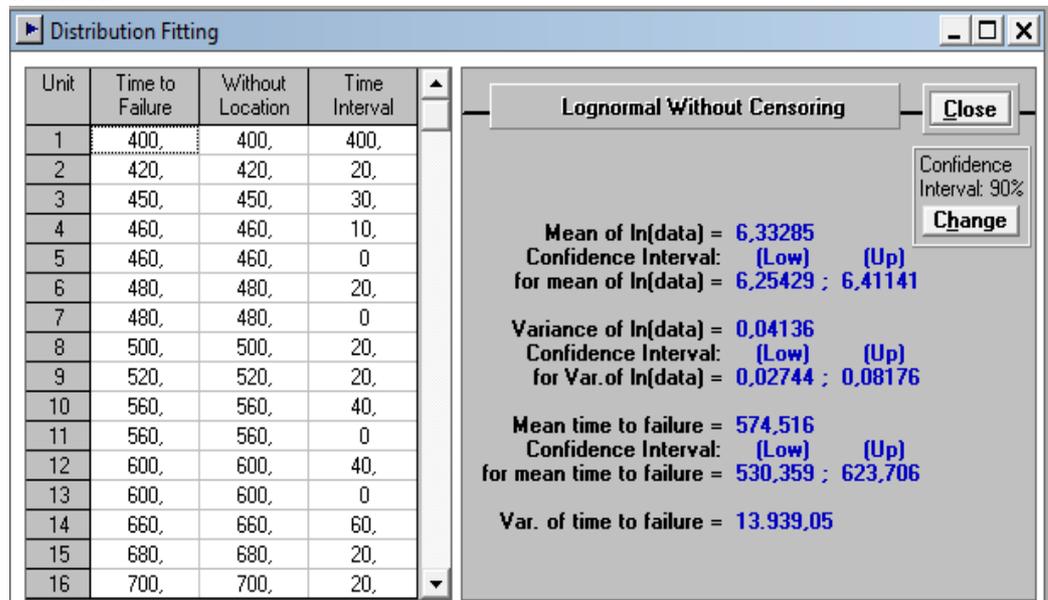
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 5

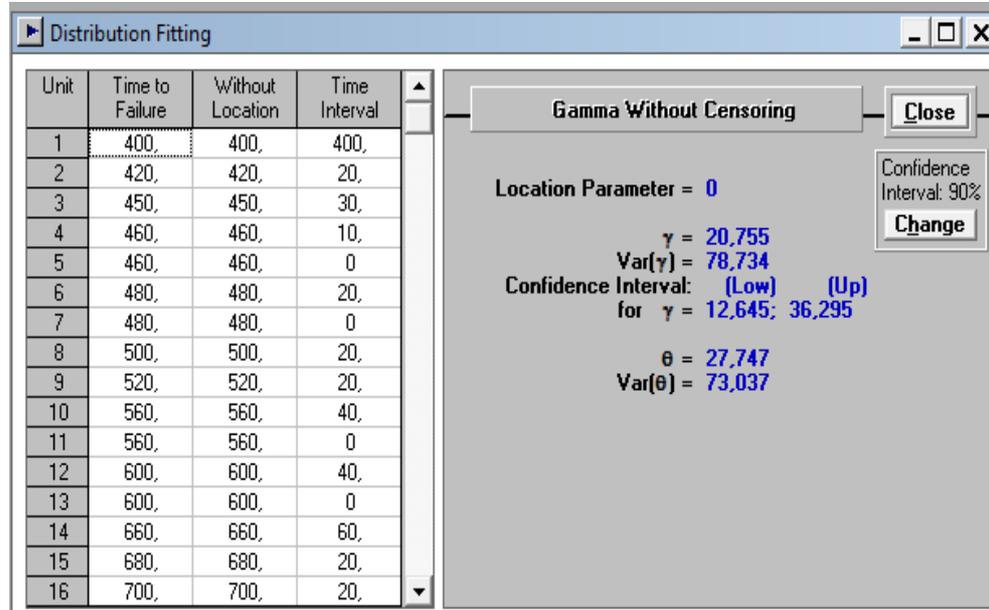
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 6

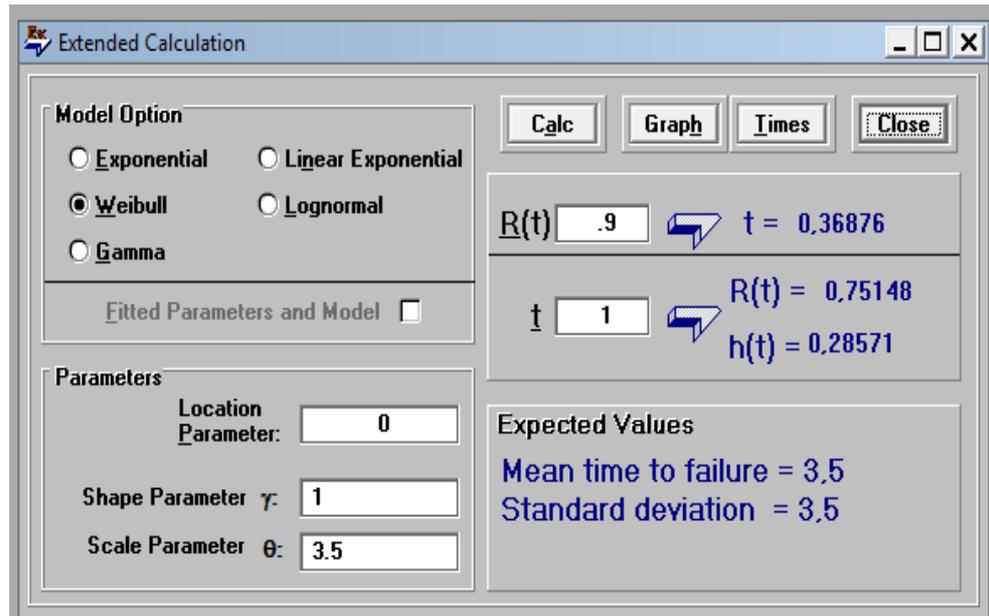
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 7

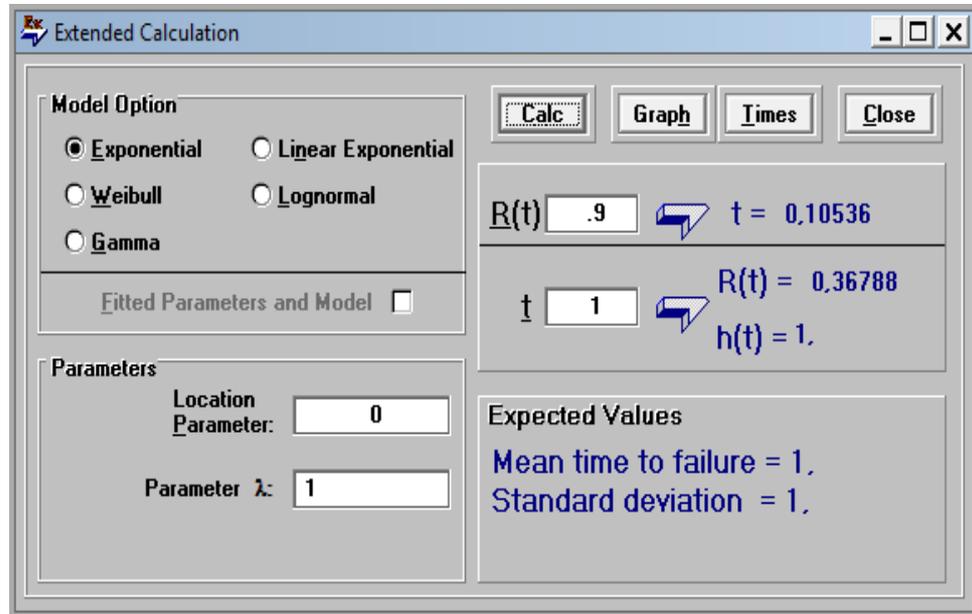
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 8

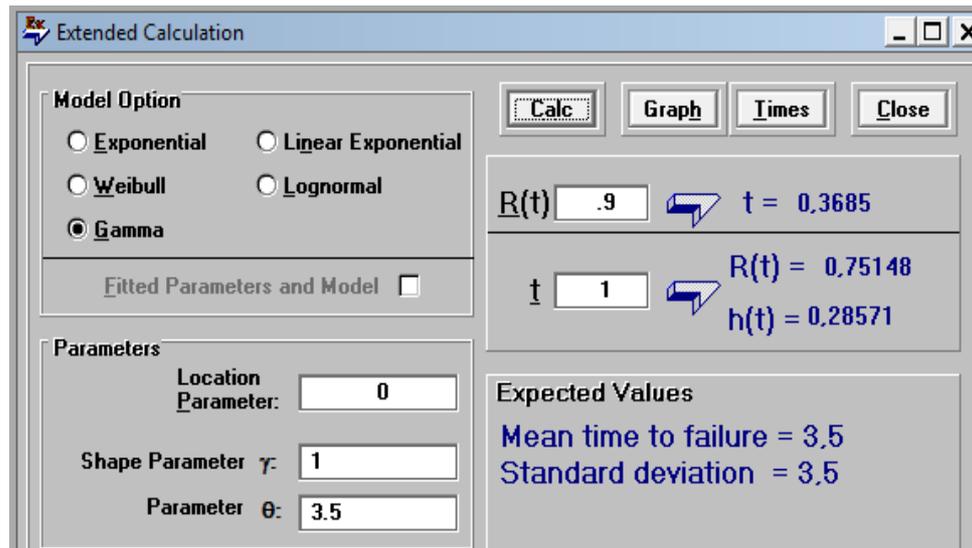
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 9

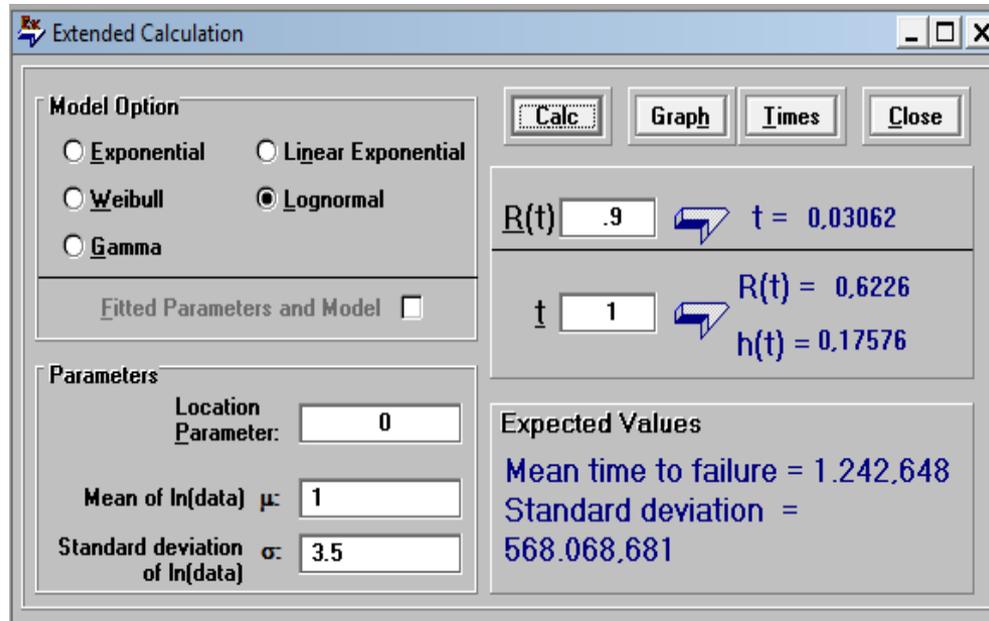
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 10

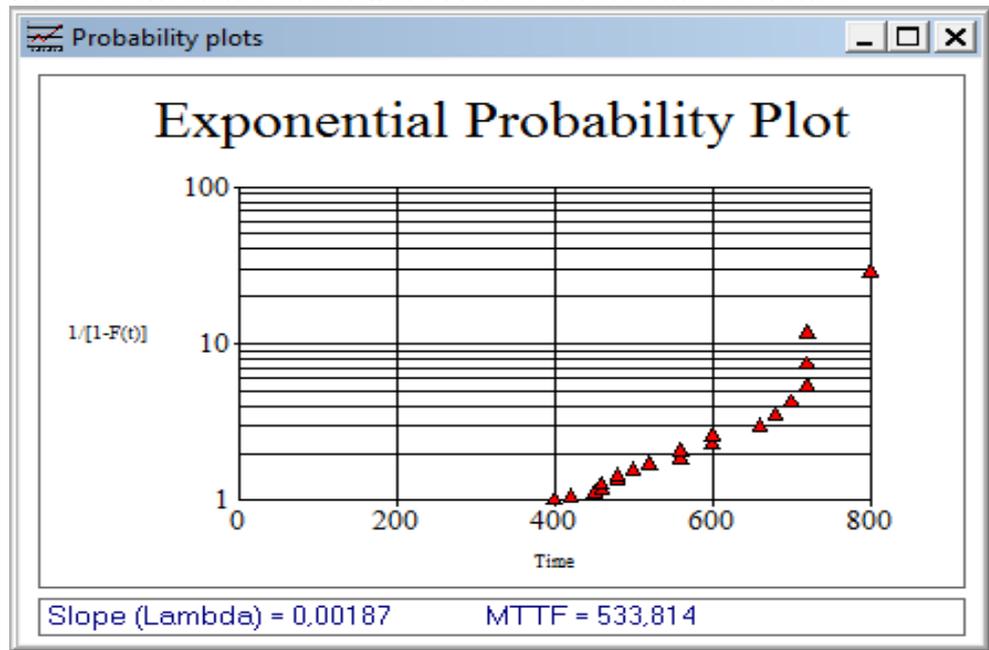
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de frenos.



Fuente: Elaboración propia

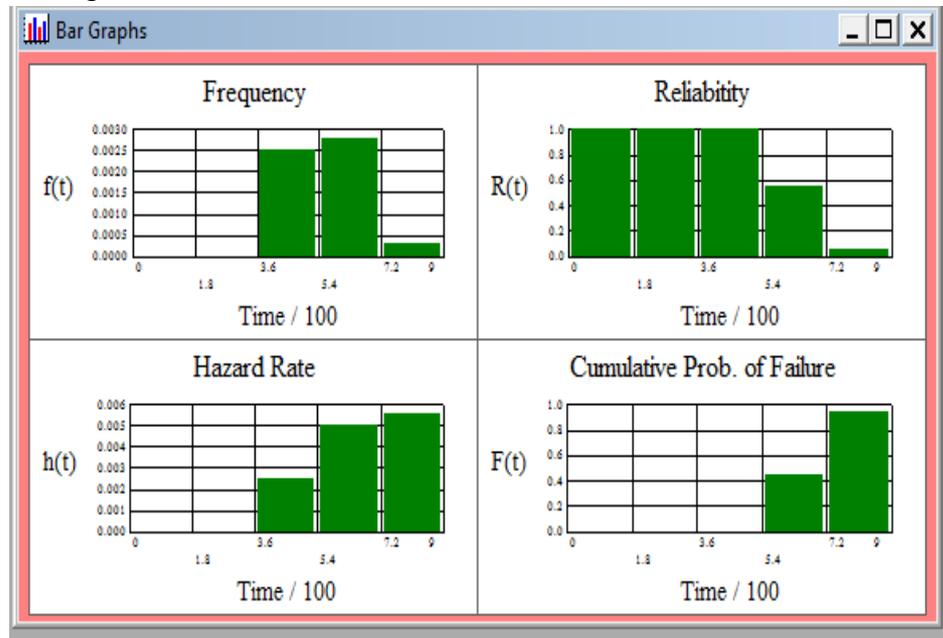
Gráfico 5. 1

Proceso mediante el software Relest del sistema de frenos



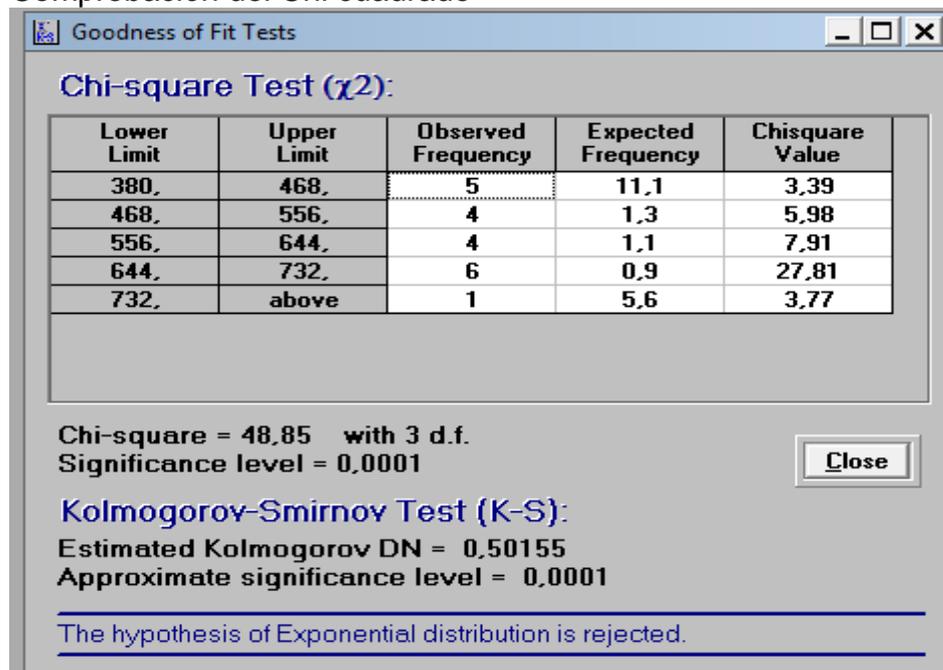
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. 2
Histograma de confiabilidad



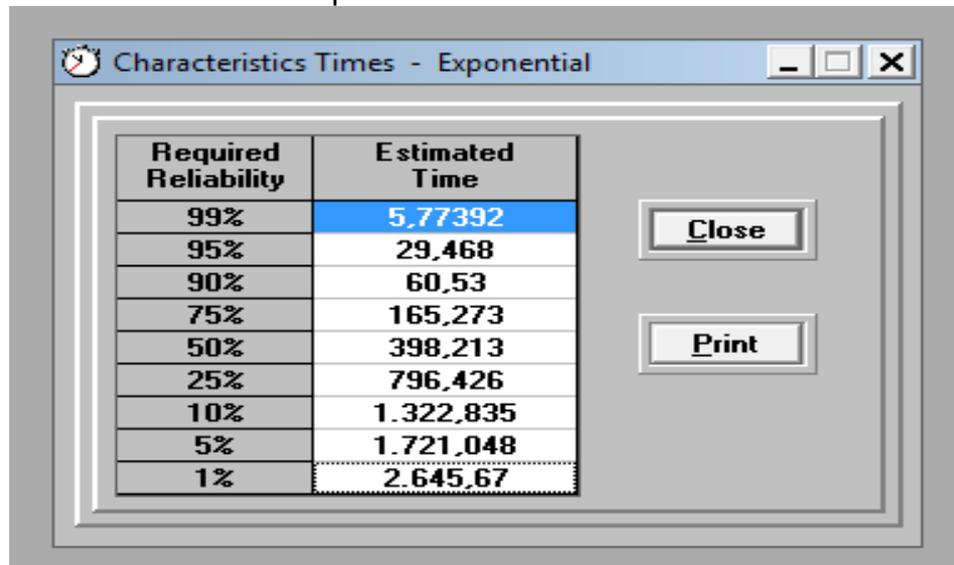
Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 11
Comprobación del Chi cuadrado



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 12
 Confiabilidad Vs. Tiempo medio entre fallas.

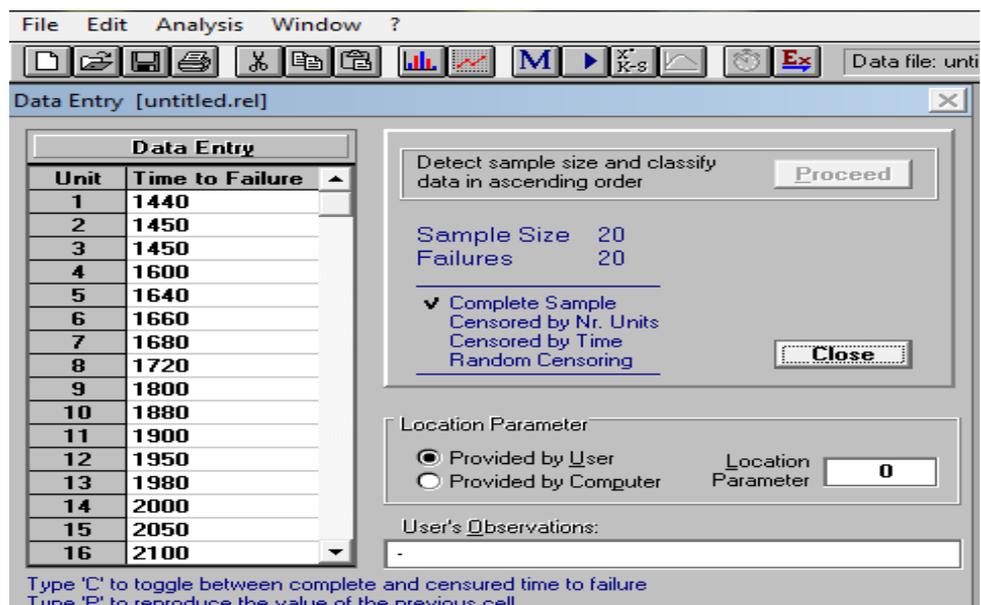


Fuente: Elaboración propia

5.2 Proceso de optimización mediante el software Relest para sistema de suspensión

Figura 5. 13

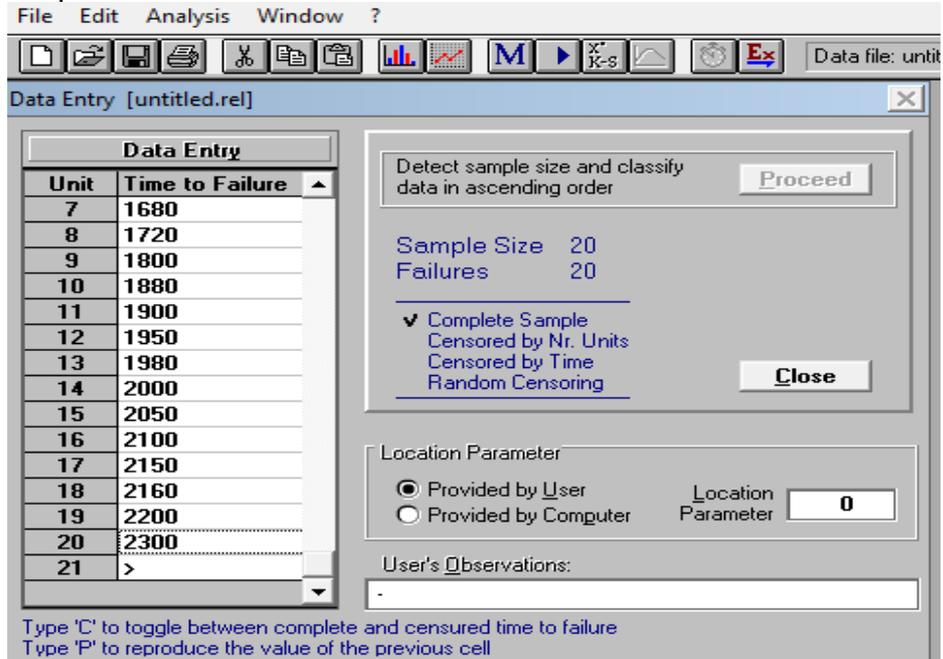
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 14

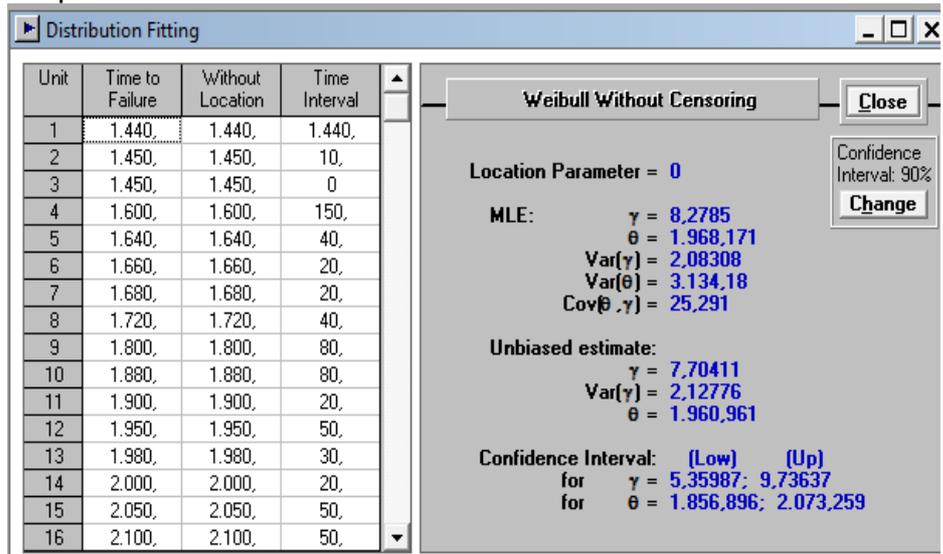
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 15

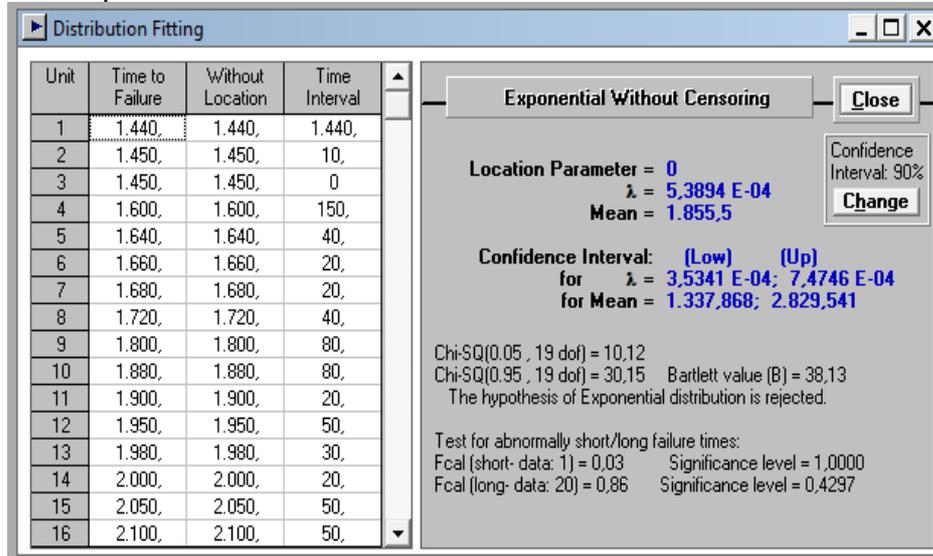
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 16

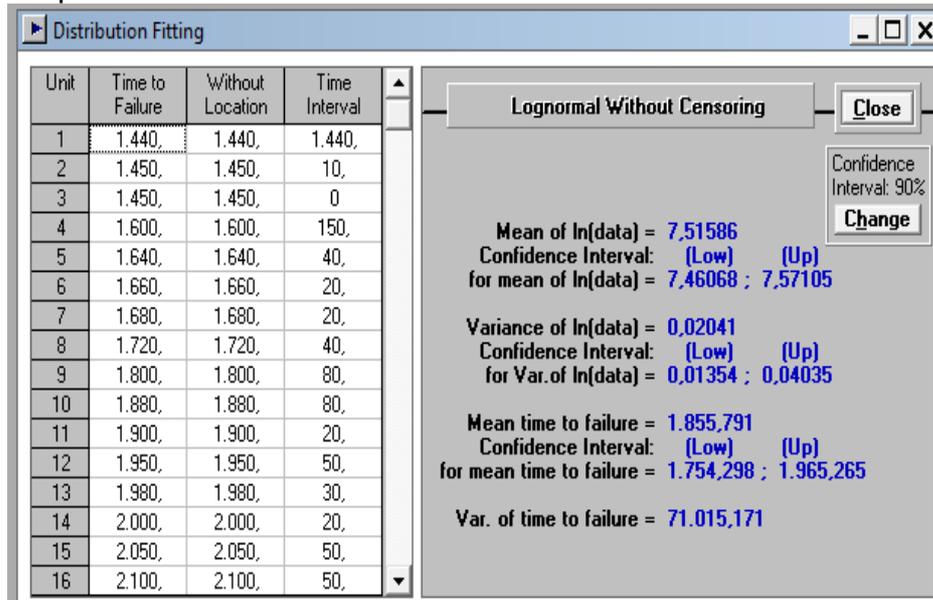
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 17

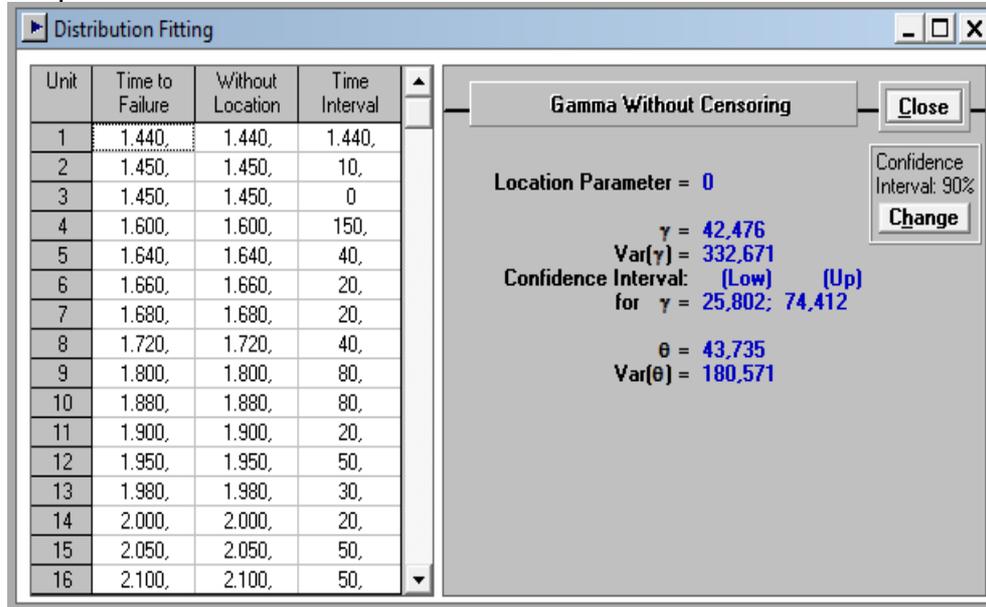
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 18

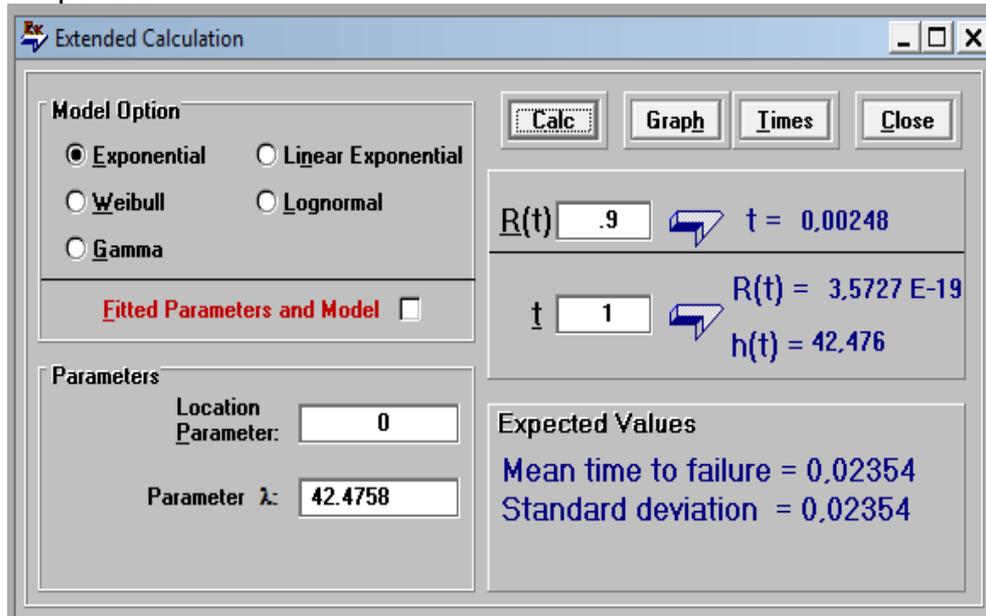
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 19

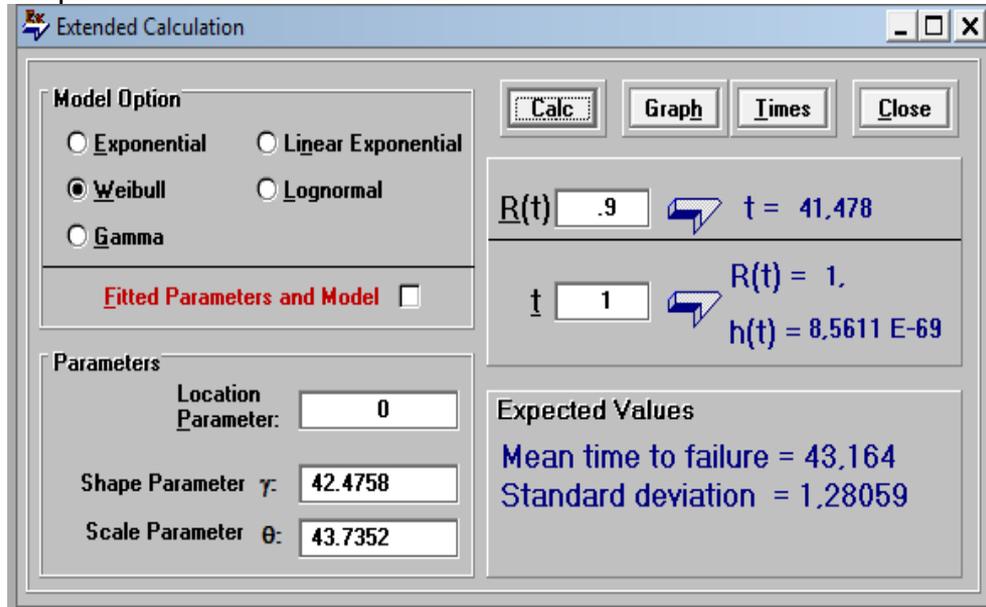
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 20

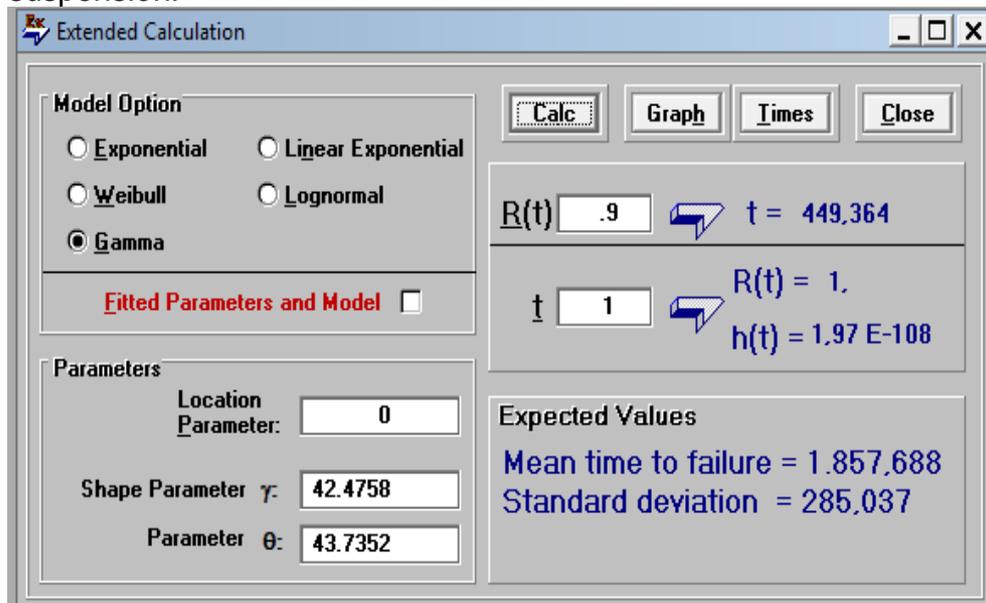
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 21

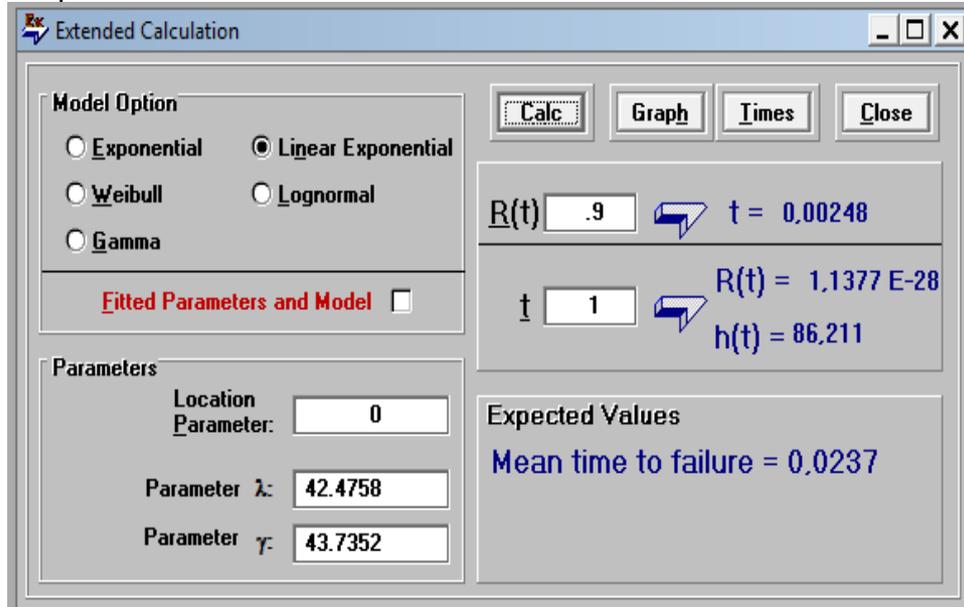
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 22

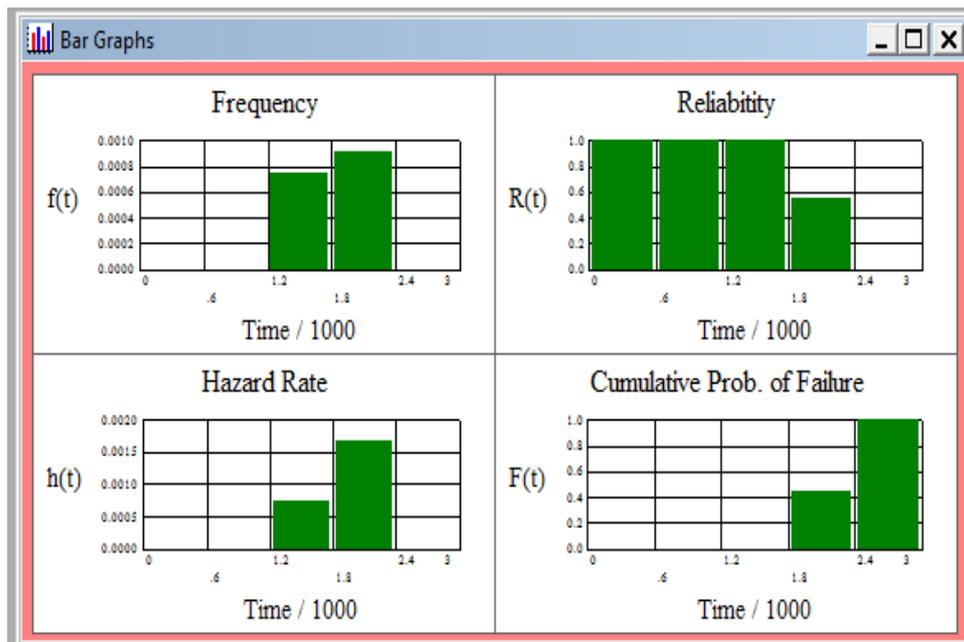
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión.



Fuente: Elaboración propia

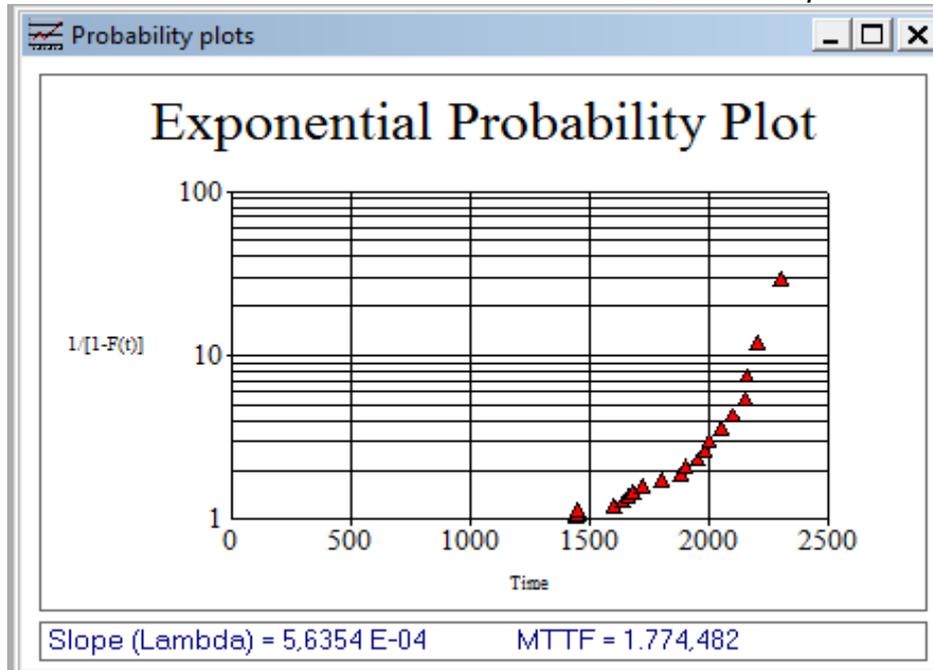
Gráfico 5. 3

Histograma de confiabilidad



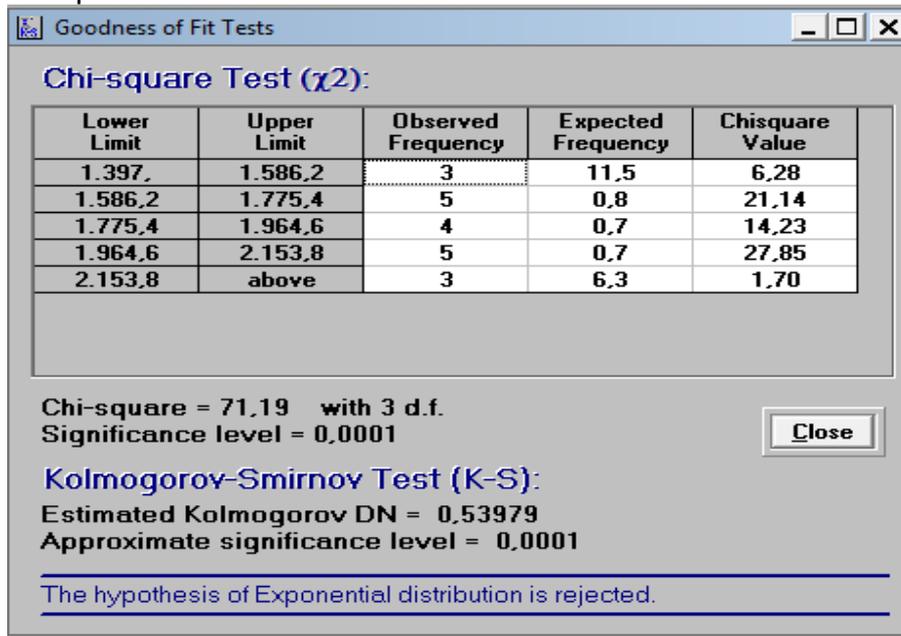
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. 4
Proceso mediante el software Relest del sistema de suspensión



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 23
Comprobación del Chi cuadrado



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 24
 Confiabilidad Vs. Tiempo

Required Reliability	Estimated Time
99%	18,648
95%	95,175
90%	195,496
75%	533,794
50%	1.286,135
25%	2.572,269
10%	4.272,447
5%	5.558,581
1%	8.544,893

Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 25
 Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague.

Data Entry [untitled.rel]

Unit	Time to Failure
1	2950
2	3000
3	3100
4	3150
5	3200
6	3300
7	3350
8	3400
9	3420
10	3520
11	3600
12	3700
13	3800
14	3900
15	3900
16	4000

Detect sample size and classify data in ascending order

Sample Size 20
 Failures 20

Complete Sample
 Censored by Nr. Units
 Censored by Time
 Random Censoring

Location Parameter
 Provided by User Location Parameter
 Provided by Computer

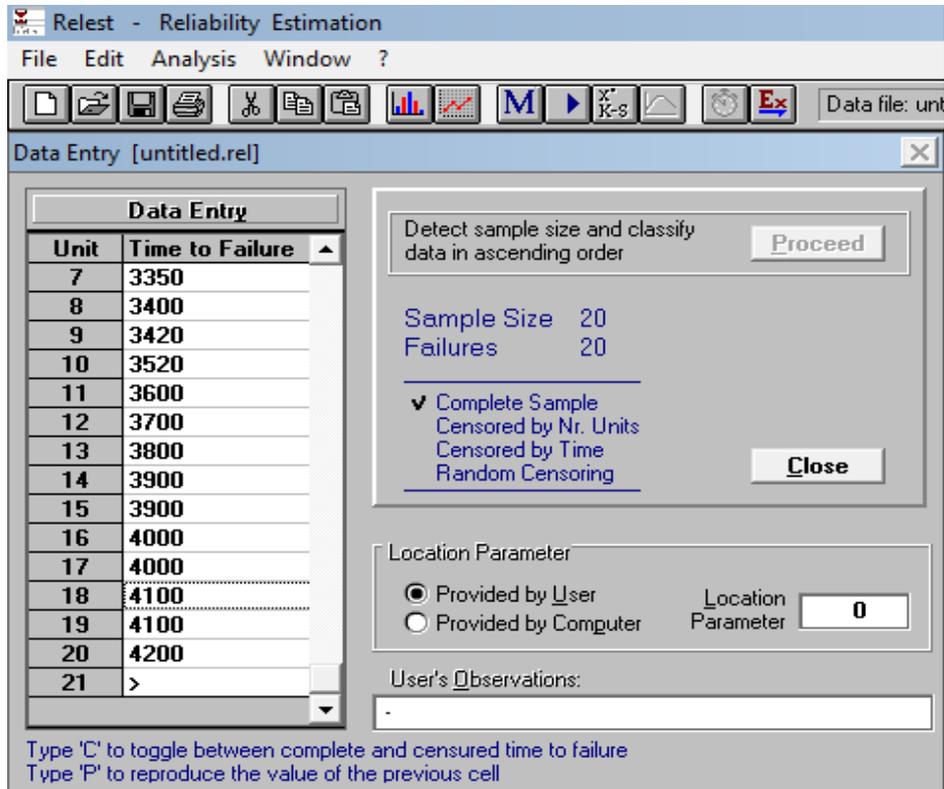
User's Observations:

Type 'C' to toggle between complete and censored time to failure
 Type 'P' to reproduce the value of the previous cell

Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 26

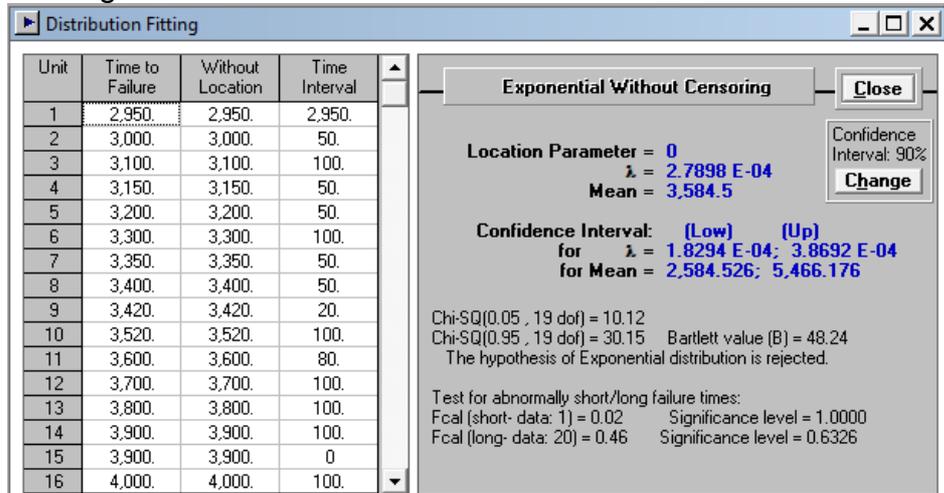
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 27

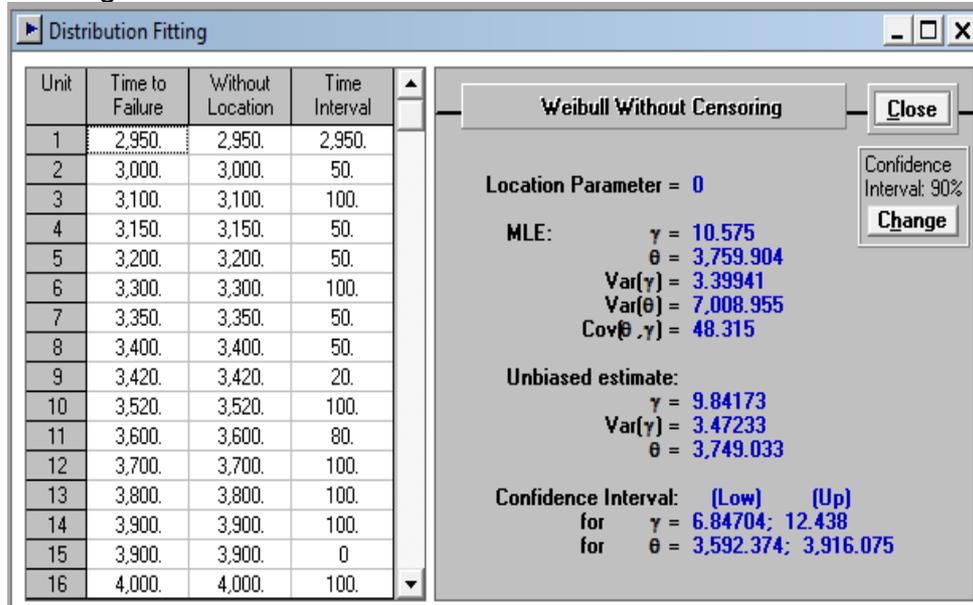
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 28

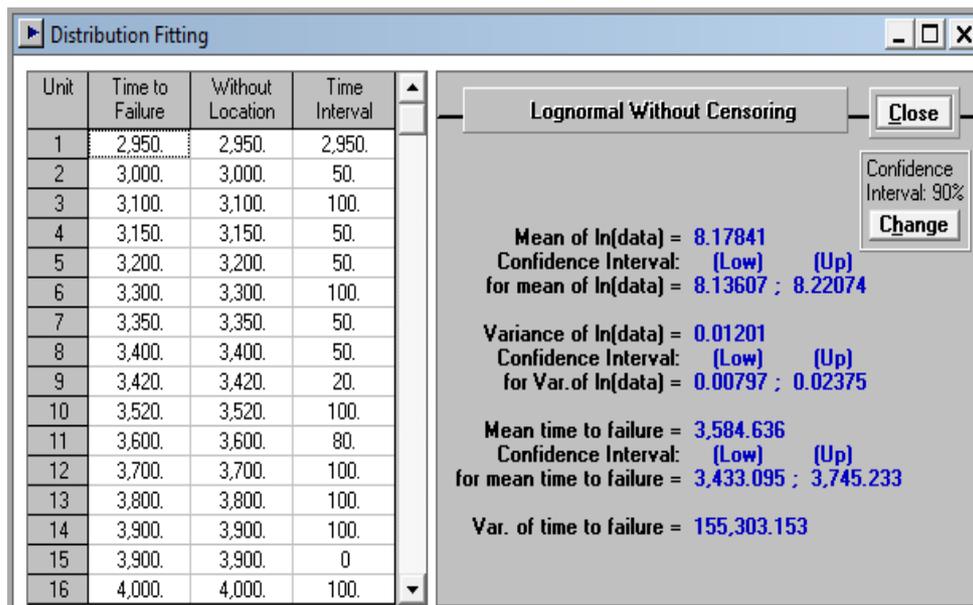
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 29

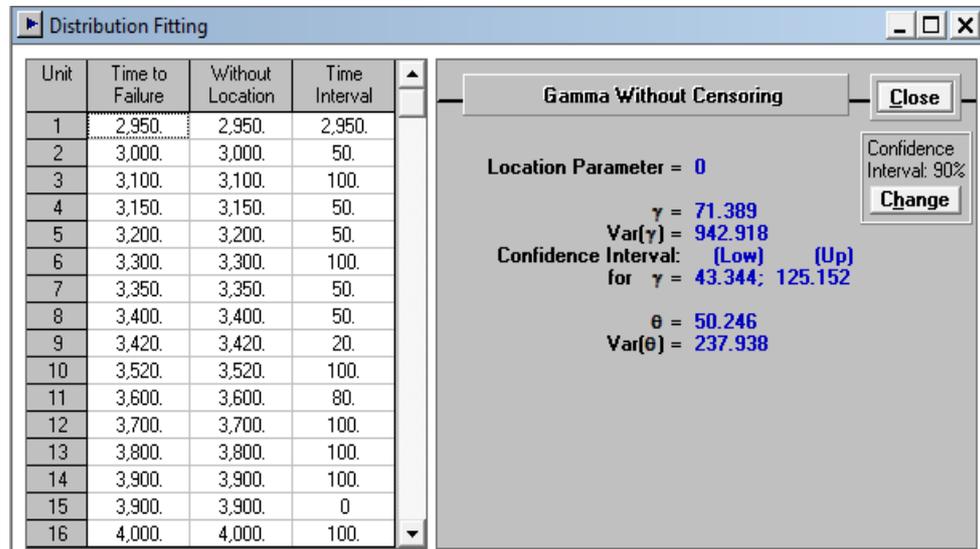
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 30

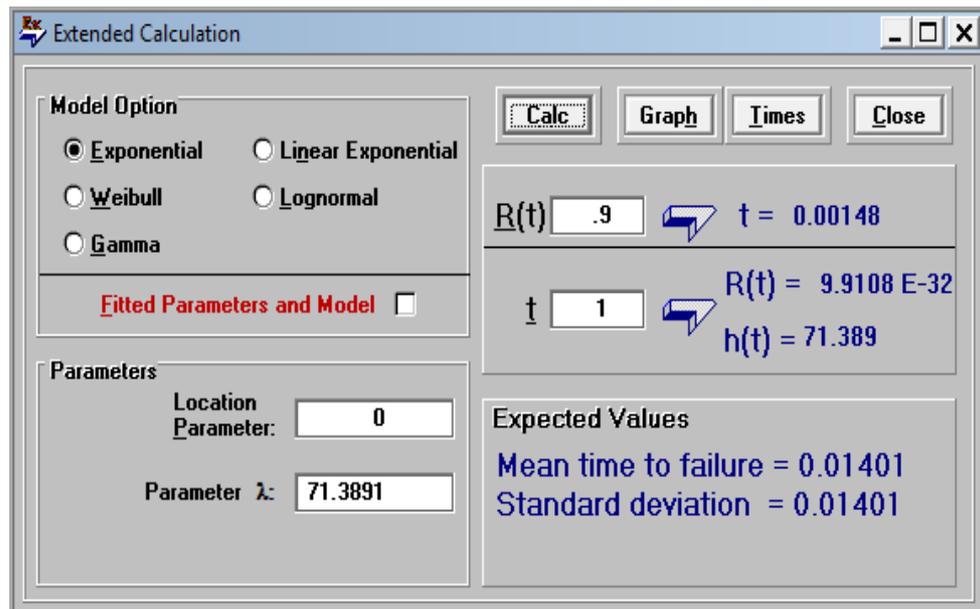
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 31

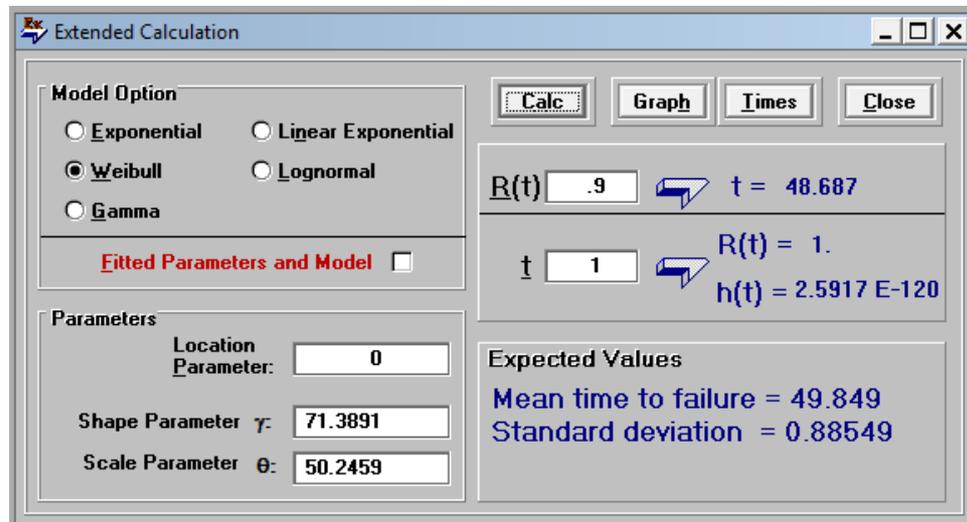
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 32

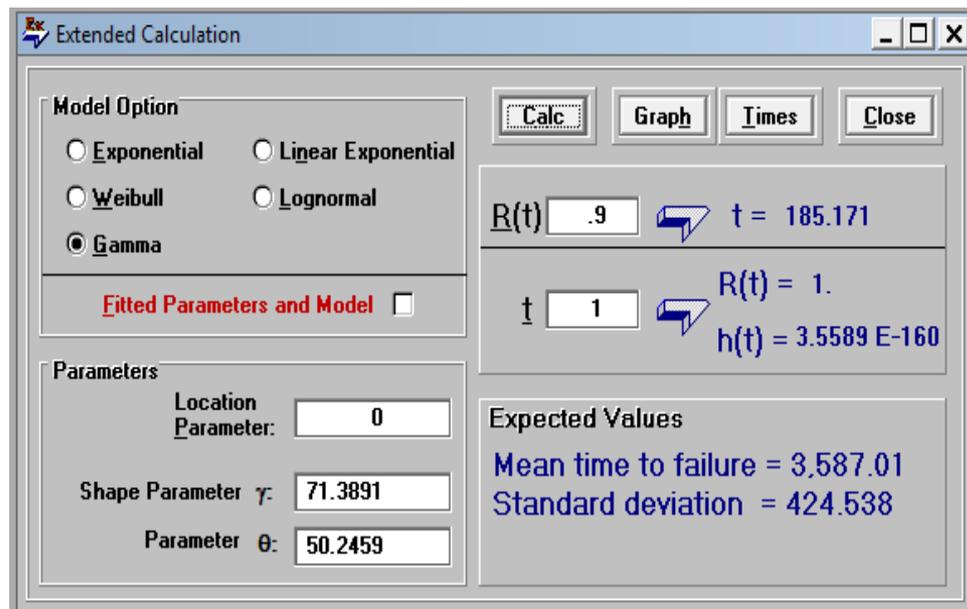
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 33

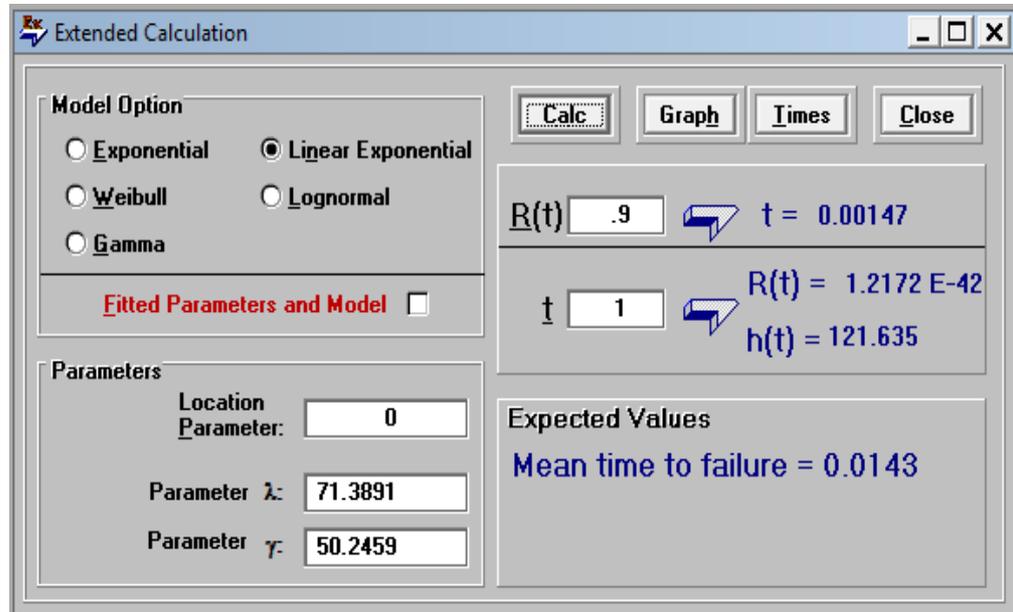
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 34

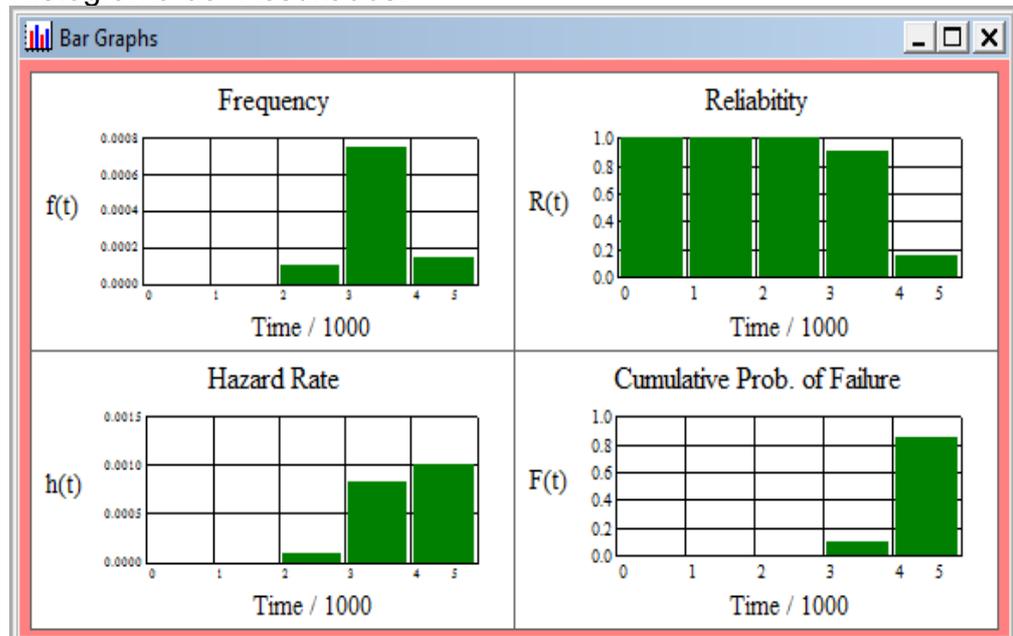
Resultado del proceso mediante el software Relest del sistema de embrague



Fuente: Elaboración propia

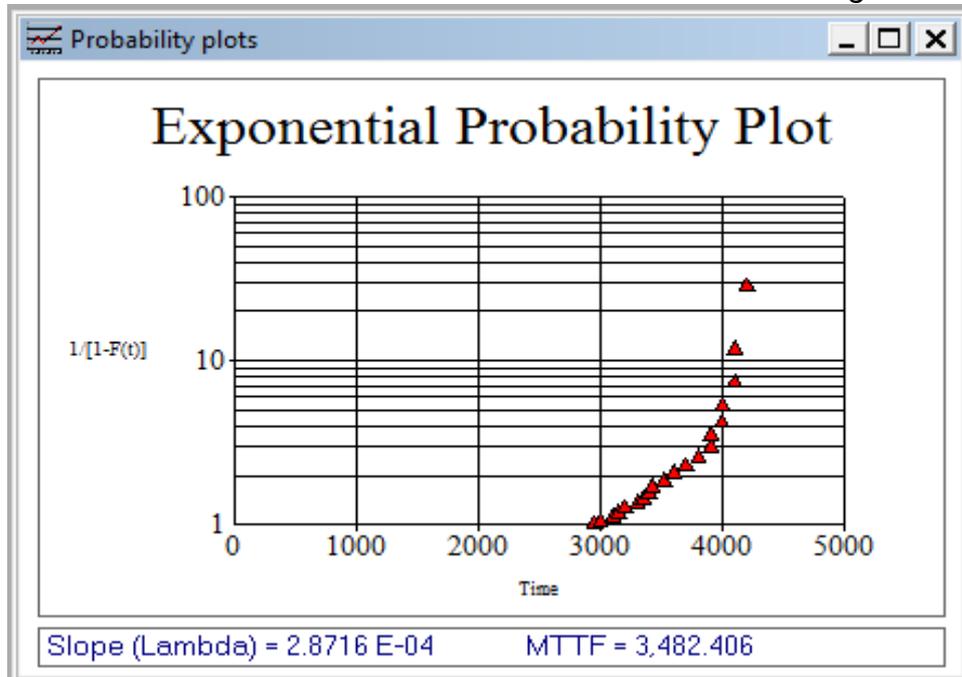
Gráfico 5. 5

Histograma de Resultados.



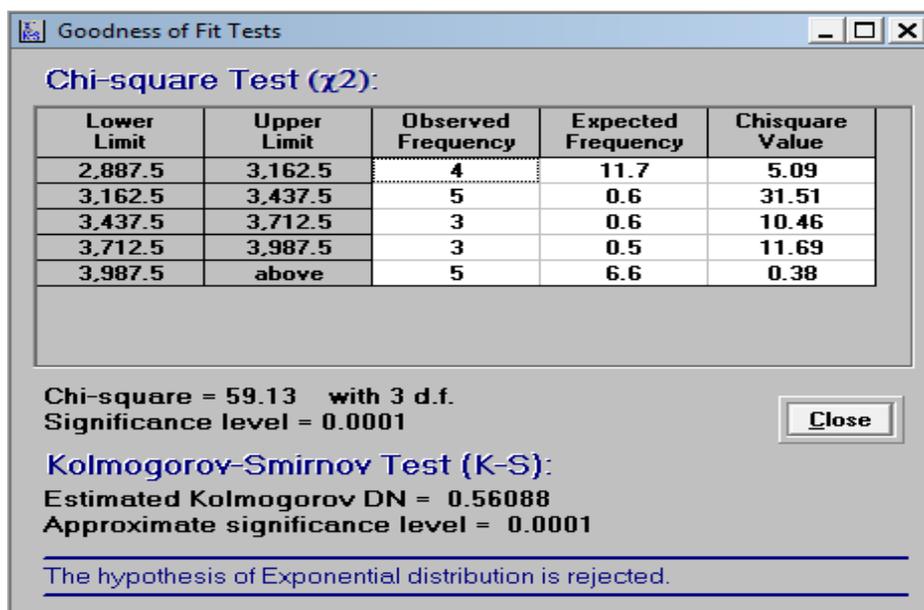
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. 6
Proceso mediante el software Relest del sistema de embrague



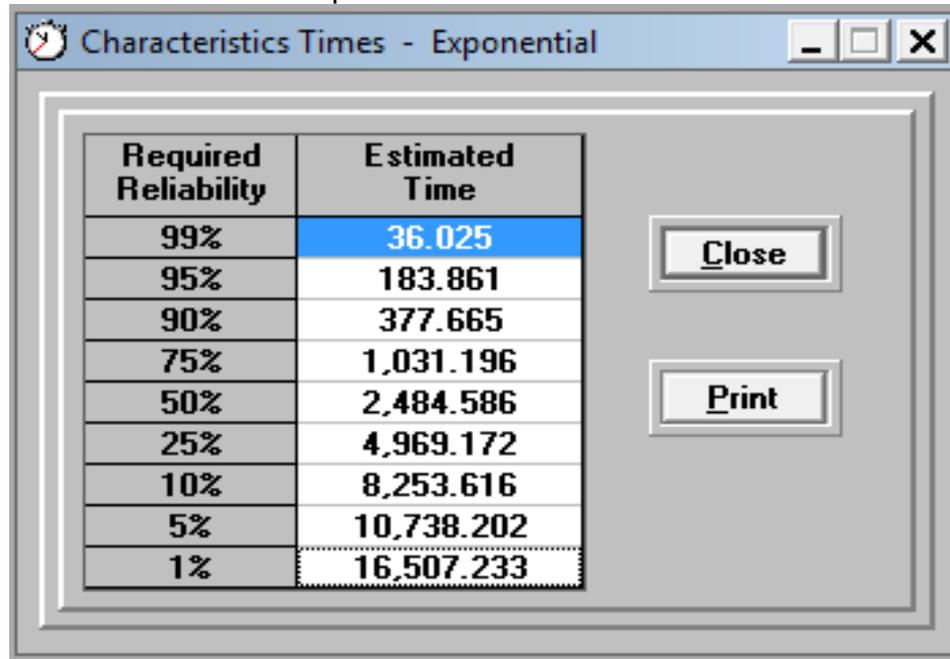
Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 35
Chi cuadrado



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. 36
Confiabilidad Vs. Tiempo



Required Reliability	Estimated Time
99%	36.025
95%	183.861
90%	377.665
75%	1,031.196
50%	2,484.586
25%	4,969.172
10%	8,253.616
5%	10,738.202
1%	16,507.233

Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las distribuciones y prueba de ajuste, la distribución elegida es la exponencial, la que tiene menor desviación estándar y aprobó la prueba de ajuste.

Respecto al sistema de freno.

Consideramos el tiempo de intervención del sistema de freno es a cada 398 horas con una confiabilidad de 50%, además, el TMEF hallado con el Relest es 533 horas con una confiabilidad de 58%.

Respecto al sistema de suspensión.

Consideramos el tiempo de intervención del sistema de freno es a cada 1286 horas, con una confiabilidad de 50%, además, el TMEF hallado con el Relest es 1774 horas con una confiabilidad de 100%.

Respecto al sistema de embrague.

Consideramos el tiempo de intervención del sistema de embrague es a cada 2485 horas, con una confiabilidad de 50% además, el TMEF hallado con el Relest es 3482 horas con una confiabilidad de 90%.

Al calcular las disponibilidades se obtuvo:

Tabla 5. 3

Disponibilidades con mantenimiento basado en RCM.

Sistemas.	sistema de freno	sistema de embrague	sistema de suspensión	Total
Disponibilidad	95,1%	95,3%	95%	0,86 %

Fuente: elaboración propia.

Plan óptimo de mantenimiento-RCM.

Elaborar el plan de mantenimiento bajo los conceptos del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), está enfocado en las tareas proactivas (detectivas y preventivas) teniendo en cuenta la salud de las personas, imagen de la organización, ambiente y seguridad de los activos.

El plan considera la adecuada ejecución de las actividades de un análisis primario del mantenimiento, análisis de falla funcional, análisis de modos de falla, análisis de efectos de falla.

Con el RCM se logra determinar las tareas óptimas en una relación costo beneficio, de manera que el activo físico continúe realizando su función, en el contexto operacional, donde la actitud de los operarios debe ser positivamente alta. La metodología RCM se implementará en tres fases:

Fase inicial: preparar una estandarización de la información de las unidades vehiculares para el taller que permita obtener datos de confiabilidad.

El equipo de trabajo está formado por operadores, ingeniero de mantenimiento, técnicos, tecnólogos de procesos, facilitadores, etc.

Fase taller: Ejecutar el taller de RCM, para determinar las tareas óptimas de mantenimiento teniendo en cuenta costo-efectividad, el desempeño del grupo de ser con profesionalismo, buscando la mejor alternativa costo-beneficio, incluye riesgos.

Las tareas de mantenimiento deben ser enfocadas para evitar la ocurrencia de los modos de falla conocidos del equipo que soporta la operación de la función.

Cada unidad vehicular debe ser analizada para identificar los modos de falla dominantes. Identificar los efectos de la falla, así también seleccionar las tareas de mantenimiento preventivo.

Fase de implementación: es la más importante debido que en ella se advierte la efectividad y eficacia del RCM, el propósito es lograr un sistema de mantenimiento con efectividad del RCM en la operación diaria de los encargados del mantenimiento.

Las actividades importantes que se mencionan a continuación:

1. Actividades del mantenimiento Basado en RCM, efectuados por el personal del mantenimiento en el taller.
2. Actividades de mantenimiento diario efectuados por los operadores del vehículo, para lo cual se utilizará la ficha diaria.

En el sistema de freno.

Tendremos las siguientes consideraciones.

Función:

- Detener el vehículo cuando el operador lo requiera.

Falla funcional:

- No detiene.

Modos de falla:

- Desgaste excesivo de los elementos de frenado.
- Mala calibración.
- Rotura de diafragma de los pulmones que accionan.
- Elementos de frenado se cristalizan
- Fuga de aire en sistemas neumáticos.

Efectos de falla:

- Cuando el operador acciona el freno, el vehículo no frena inmediatamente.
- Cuando el operador acciona el freno, el vehículo no frena inmediatamente, y jala la dirección.
- Cuando pisa el freno se oye una fuga de aire en los pulmones y no se detiene.
- Se percibe un olor a quemado y no se detiene.
- La presión en el nanómetro que está en el panel de instrumentos registra un descenso.

Tabla 5. 4

Tareas propuestas en el taller de mantenimiento.

Actividad	Frecuencia	Responsable
Inspección de los elementos de frenado	7 días	Mecánico automotriz
Calibración de los frenos	7 días	Mecánico automotriz
Cambio de bombines.	15 días	Mecánico automotriz
Revisión de zapatas.	22 días	Mecánico automotriz
Revisión de pastillas.	22 días	Mecánico automotriz
Cambio de zapatas y pastillas	40 días	Mecánico automotriz
Desarrollo de procedimiento de operación.	cuando sea necesario	Jefe de mantenimiento

En el sistema de suspensión.

Tendremos las siguientes consideraciones:

Función:

- Absorbe la vibración o impactos generados por el desnivel del suelo.
- pegar las llantas al suelo.

Falla funcional:

- No absorbe.
- No pega.

Modos de falla:

- Desgaste partes móviles de la suspensión, terminales, pines, bocines.
- Rotura de amortiguadores.
- Amortiguadores reventados.
- Rotura o desgaste de pines y bocines

Efectos de falla:

- Golpeteo en la suspensión.
- Inestabilidad en el vehículo y golpeteo.
- Al mover la dirección no responde adecuadamente.
- Golpeteo en la suspensión.

*Tabla 5. 5***Tareas propuestas en el taller de mantenimiento.**

Actividad	frecuencia	responsable
Cambio periódico de pines, bocines, y terminales	mensual	mecánico automotriz
Cambio periódico de amortiguadores	2 meses	mecánico automotriz
Revisión de muelles o resortes	mensual	mecánico automotriz
Desarrollo de procedimiento de operación.	cuando sea necesario	Jefe de mantenimiento

En el sistema de embrague.

Tendremos las siguientes consideraciones.

Función:

- acoplar o desacoplar el sistema de transmisión.

Falla funcional:

- No ingresan los cambios.

Modos de falla:

- Disco gastado
- Uñas de plata de embrague están caídas.
- Falta de regulación
- Collarín deteriorado.

Efectos de falla:

- No ingresan los cambios.

Tabla 5. 6

Tareas propuestas en el taller de mantenimiento.

Actividad	Frecuencia	Responsable
Limpieza de collarín	3 meses	mecánico automotriz
Cambio de Rodamiento	4 meses	mecánico automotriz
Limpieza de uñas de plato del embrague	3 meses	mecánico automotriz
Cambio de disco de embrague	3 meses	mecánico automotriz

Tabla 5. 7

Tareas diarias propuestas para el operador

Ficha diaria de reporte del operador del vehículo.

REVISION DIARIA DEL VEHICULO.	R: realizado NR: no realizado				
Operador: Código del vehículo: Fecha:.....	A: normal X : necesita revisión				
Actividad realizada	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Limpieza del vehículo					
Nivel de agua					
Nivel de líquido de frenos					
Fugas de combustible					
Fugas de agua.					
Luces exteriores e interiores.					
Golpes en los neumáticos.					
Fugas en las mangueras de freno					
Observaciones:					

Fuente: Elaboración propia

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS

6.1.1. Contrastación de la hipótesis general

Luego de obtener los resultados con la metodología RCM observamos que existe una influencia significativa en la disponibilidad de un antes y después es decir del 53% a 62,7%.

6.1.2. Contrastación de hipótesis Específicas

1. Con la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, el conocimiento de las fallas, análisis de modos y efectos de falla (AMEF) hace posible definir las prioridades de atención de los subsistemas de la unidad vehicular para incrementar la disponibilidad como se ha demostrado en este estudio.
2. La aplicación de la metodología del RCM basado en la confiabilidad también contempla la capacitación permanente del personal involucrado en la operación del mantenimiento y ello ayuda a incrementar la disponibilidad de las unidades vehiculares.
3. **Montes, J.** (2013) en su investigación de mantenimiento basado en RCM logró la codificación y listado de todos los subsistemas, equipos y elementos que conforman la unidad, también la determinación de fallas funcionales y fallas técnicas, que concuerdan con el estudio que se ha realizado.
4. Finalmente mostramos un cuadro comparativo que permite establecer diferencias entre el mantenimiento tradicional y el mantenimiento basado en RCM.

Tabla 6. 1

Diferencias entre el Mantenimiento Tradicional y el RCM.

Mantenimiento Tradicional	Mantenimiento basado en RCM
1. Mantenimiento es preservar activos físicos.	1. Mantenimiento es preservar las funciones de los activos físicos.
2. Mantenimiento rutinario es prevenir Fallas.	2. Mantenimiento rutinario es prevenir, reducir o eliminar las consecuencias de las fallas.
3. El objetivo principal es optimizar la disponibilidad a mínimo costo.	3. Además de optimizar la disponibilidad y reducir costos también considera los aspectos de la confiabilidad.
4. La mayoría de las veces el equipo tiende a fallar con el tiempo.	4. No siempre existe una relación directa del fallo con el tiempo.
5. Se considera los mantenimientos correctivo y preventivo.	5. Se considera además el mantenimiento detectivo.
6. Las políticas de mantenimiento son formulados por los gerentes de la organización.	6. Además participan todas las personas cercanas a los activos físicos.
7. El operador de mantenimiento es visto como un reparador manchado de grasa y cabizbajo.	7. El operador de mantenimiento es considerado como la base de los procesos y está en capacitación y actualización permanente.

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. En la presente investigación el nivel de influencia del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) influye positivamente en disponibilidad de las unidades de la flota vehicular - Municipalidad de San Miguel, dado que inicialmente tenían una disponibilidad de 59%, y con el plan de mantenimiento con RCM tendrá 85% de disponibilidad.
2. La elaboración del análisis de modos y efectos de falla (AMEF) nos ha permitido conocer las prioridades de atención de los subsistemas de la unidad vehicular orientada a incrementar la disponibilidad.
3. También se ha Determinado estadísticamente con el software relest la confiabilidad que permita asegurar la disponibilidad de las unidades vehiculares.
4. El plan de mantenimiento basado en RCM, explicada en esta investigación puede ser perfeccionada con el tiempo solo si la experiencia adquirida en su aplicación es cada vez mayor dado que esta metodología propone mejoras continuas en las prácticas de los procesos de mantenimiento ajustadas a cada realidad, así lograr que se entienda que el mantenimiento es tarea de todos, lo que no sucede en la actualidad que muchos procesos se realizan por terceros.

RECOMENDACIONES

1. Proponemos a las otras municipalidades que estudien la metodología RCM con el fin de implementar los requerimientos del mantenimiento para mejorar la disponibilidad de sus activos donde sea requerido.
2. Definitivamente el área de mantenimiento para conservar sus vehículos de seguridad ciudadana con RCM, la elaboración del análisis de modos y efectos de falla (AMEF) es importante, ya que permite tener un correcto control de fallas que debe ser registrado diariamente para ello es recomendable un programa informático que pueda manejar los responsables en las tareas de mantenimiento para que se realicen de manera más ágil.
3. También recomendamos capacitaciones permanentes con tecnología actualizada si queremos garantizar el éxito del cumplimiento del plan RCM, y tendremos en el personal del área de mantenimiento el conocimiento de la estadística mediante el software de mantenimiento que permita rápidamente conocer cómo están nuestros activos.
4. Si nos proponemos una mejora continua con la aplicación del RCM recomendamos invertir en la adquisición de herramientas, equipos y repuestos para que la totalidad del mantenimiento se realice en el taller de la municipalidad, evitando gastos por paralizaciones excesivas y sobre costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Huancaya Mena, Ch.** Mejora en la disponibilidad mecánica y confiabilidad operacional de una flota de cosechadoras de caña de azúcar de 40 t/h de capacidad. *Tesis para optar el grado académico de ingeniero mecánico*. Lima : Universidad Católica del Perú, 2016.
2. **Villacrés Parra, S.** Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para un vehículo M654 de la empresa etapa EP. *Tesis para optar el grado académico de ingeniero mecánico*. Ecuador : Escuela Superior Politécnica de Chinborazo Riobamba, 2016.
3. **Montes Villada, J.** Diseño de un plan de mantenimiento para la flota articulada de Integra S.A. usando algunas herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). *Tesis para optar el grado académico de ingeniero mecánico*. Colombia : Universidad Tecnológica Pereira, 2013.
4. **Gallara - Pontelli.** *Mantenimiento industrial*. Argentina : Colección Gestión Industrial, 2014.
5. **Gómez-Lozano, D.** *Nuevos enfoques del RCM*. La Habana : IV Congreso Cubano Ing. Mantenimiento, 2006.
6. **García, S.** Ingeniería de Mantenimiento. *Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial*. [En línea] 2012. <http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf>.
7. **Sánchez, F.; Pérez , A.; Sancho, J.; Rodríguez, P.** Tipos de mantenimiento. *MANTENIMIENTO MECÁNICO DE MÁQUINAS*. s.l. : ROSMANN INGENIERÍA, SOFTWARE Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, 2006.
8. **Castellanos R.** Determinación del tipo mantenimiento a aplicar en el equipamiento de la fábrica de Cigarros “Juan de Mata Reyes” de Trinidad. *Trabajo de diploma*. Santa Clara : Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, 2014.

9. *Optimización del mantenimiento. Implantación de la metodología RCM en máximo.* **Fernández Pérez, A. J. et al.** 2, Revista Ingeniería y Gestión de Mantenimiento. : s.n., 2003, págs. pp. 40-45.
10. **Macián, V.** *Mantenimiento de motores Diesel.* España : Universidad politécnica de Valencia, 2002.
11. **Labaien, E.; Carrasco, G.** . *Mantenimiento predictivo: Curso sobre mantenimiento predictivo y sus distintas técnicas de aplicación.* . s.l. : PREDICTOVE Ingenieros SL, Guipúzcoa, 2009.
12. **Herramientas para el ingeniero industrial.** *Mantenimiento Productivo Total - T.P.M.* [En línea] 2017.
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>.
13. **Barrientos, J.** *Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).* 2017.
14. **Barreda, S.** *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la EDAR de nules Vilavella.* s.l. : Universitat Jaume, 2015.
15. **Lefcovich, M.** *Consultor en Administración de Operaciones. Especialista en Kaizen, Lean Management , TQM y Costos.* [En línea] 2007.
<https://www.gestiopolis.com/author/mauricio-lefcovich/>.
16. **Drucker, P.** *La gerencia moderna.* 2011.
17. **Deming, W.** *On probability as a basis for action.* USA : The American Statistician, 1975.
18. **Moubray, R.** . *Manual de mantenimiento basado en la confiabilidad RCM 2.* Chile : Minech, 1997.
19. **Dura Peiró, J. M.; López Cuñat, J.M.** . *Fundamentos de Estadística. Estadística Descriptiva y Modelos Probabilísticos para la Inferencia.* . Madrid : Ariel , 1992.

20. **Moubray**. *Mantenimiento centrado en la confiabilidad - RCM II*. s.l. : Industrial Press inc., 1997.
21. **Rojas, M.** *Manual de redacción científica*. Lima : on line, 2010.
22. **Rodriguez Pascual, J.** *Manual del ingeniero de mantenimiento*. Chile : s.n., 2002.
23. **Primitivo Reyes Aguilar**. *Confiabilidad*. México : s.n., 2006.
24. **Espinoza, C.** *Metodología de la investigación científica*. Perú : Universidad Nacional del Centro, 2014.
25. **Reyes Ocampo, L.J.** *Ingeniería de mantenimiento. Teoría y problemas resueltos*. Lima : Salvador Editores, 1996.
26. **Pistarelli, A.** Dispositivos de Seguridad y Mantenimiento Detectivo (1° Parte). [En línea] 19 de mayo de 2015.
<http://pistarelli.com.ar/dispositivos-de-seguridad-y-mantenimiento-detectivo/>.
27. **Arellano, A.** *Mantenimiento Detectivo. Estrategias de mantenimiento automotriz*. s.l. : Centro de estudios universitarios Rudolph Diesel , 2018.

ANEXOS



MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROYECTO DE TESIS: “EL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) Y SU INFLUENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LAS UNIDADES DE LA FLOTAVEHICULAR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL – CALLAO 2018”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA TIPO DE INVESTIGACIÓN	CONCLUSIONES
<p>Problema General:</p> <p>¿Cómo influye la elaboración de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a unidad vehicular de la flota para incrementar su disponibilidad?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>1. ¿Cómo la elaboración del AMEF (Análisis de Modos Y efectos de Falla) nos permite conocer las prioridades de atención de los subsistemas de la unidad usando los procedimientos adecuados para incrementar la disponibilidad de las unidades?</p> <p>3. ¿Cómo el RCM permite elaborar el cuadro estadístico basado en la criticidad y nos permita tener subsistemas confiables capaces de incrementar la disponibilidad de las unidades?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Elaborar el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para incrementar la disponibilidad de las unidades de la flota vehicular.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>1. Elaborar del AMEF (Análisis de Modos Y efectos de Falla) que nos permite conocer las prioridades de atención de los subsistemas de la unidad usando los procedimientos adecuados para incrementar la disponibilidad de las unidades.</p> <p>3. Aplicar el RCM para elaborar el cuadro estadístico basado en la criticidad que nos permita tener subsistemas confiables capaces de incrementar la disponibilidad de las unidades?</p>	<p>•MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD (RCM)</p> <p>Este puede ser definido como una estrategia de mantenibilidad global de un sistema usando métodos de análisis estructurado que permite asegurar la fiabilidad inherente a tal sistema.</p> <p>Ventajas del RCM:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Asegura y aumenta la eficiencia del equipo en materia de seguridad de funcionamiento. •Mejora la calidad del producto y el cumplimiento de normas de seguridad y medio ambiente. •Mejora la comunicación entre el personal de mantenimiento y operación. •Disminuye los costos directos e indirectos relacionados con el mantenimiento. •Optimiza las actividades de carácter preventivo. <p>Desventajas del rcm:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Su implementación requiere de una planificación extensiva. •Requiere de un involucramiento de todos los actores de la organización. •Necesita mayores recursos y tiempo de preparación para su posterior ejecución. <p>•MANTENIMIENTO PREDICTIVO</p> <p>Es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse antes de que falle, así el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.</p> <p>Ventajas del mantenimiento predictivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Minimizar los tiempos y costos de parada de un equipo. •Reduce las tareas de carácter correctivo. •Reduce los cambios innecesarios de partes. •Permite tener un control exacto de lo que sucede con los equipos productivos. •Permite adelantarse a la aparición de una falla mucho antes que suceda si se aplica correctamente. 	<p>Hipótesis General:</p> <p>Se elaborara el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a unidad vehicular de la flota que permitirá incrementar su disponibilidad.</p> <p>Problemas Específicos:</p> <p>1. Se elaborara el AMEF (Análisis de Modos Y efectos de Falla) que nos permite conocer las prioridades de atención de los subsistemas de la unidad usando los procedimientos adecuados que permitirá incrementar la disponibilidad de las unidades?</p> <p>3. Cómo el RCM permite elaborar el cuadro estadístico basado en la criticidad y nos permita tener subsistemas confiables capaces de incrementar la disponibilidad de las unidades?</p> <p>Variables e Indicadores</p> <p>Variable dependiente: Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)</p> <p>Variable Independiente: Disponibilidad de las unidades vehiculares.</p>	<p>Esta investigación es de tipo tecnológica o aplicada, Según Zorrilla (1993:43), debido a que se orienta a resolver los problemas concretos de la realidad de manera objetiva.</p> <p>Nivel de la Investigación</p> <p>De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne las características de ser de un nivel descriptivo, explicativo.</p> <p>Método de la Investigación</p> <p>Durante el proceso del proyecto de tesis para demostrar y comprobar la hipótesis se aplicaran los métodos que a continuación se indican:</p> <p>Histórico.- A través de este método se conocerá la evolución histórica que va experimentado el problema de la tesis.</p> <p>Comparativo.- A través de este método, Se hará una comparación entre los periodos planteados entre el antes y después de la elaboración del plan de mantenimiento.</p> <p>Diseño de la tesis: investigación practico-teórico.</p> <p>Muestreo.-</p> <p>Se ha tomado como universo la maestranza de vehículos de la municipalidad de San Miguel y como muestra solo los vehículos que pertenece y como muestra solo los vehículos que pertenecen a la seguridad ciudadana.</p> <p>Técnicas.-</p> <p>Fichaje de estado actual, Análisis de criticidad, Encuestas.</p> <p>Instrumentos.-</p> <p>Fichas de Investigación y de campo, guías de Observación, cuestionarios sobre cada unidad vehicular.</p>	<p>1. En la presente investigación el nivel de influencia del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) influye positivamente en disponibilidad de las unidades de la flota vehicular - Municipalidad de San Miguel, dado que inicialmente tenían una disponibilidad de 53%, y con el plan de mantenimiento con RCM tendrá 62,7% de disponibilidad.</p> <p>2. La elaboración del análisis de modos y efectos de falla (AMEF) nos ha permitido conocer las prioridades de atención de los subsistemas de la unidad vehicular orientada a incrementar la disponibilidad.</p> <p>3. También se ha Determinado estadísticamente con el software retest la confiabilidad que permita asegurar la disponibilidad de las unidades vehiculares.</p> <p>4. El plan de mantenimiento basado en RCM, explicada en esta investigación puede ser perfeccionada con el tiempo solo si la experiencia adquirida en su aplicación es cada vez mayor dado que esta metodología propone mejoras continuas en las prácticas de los procesos de mantenimiento ajustadas a cada realidad, así lograr que se entienda que el mantenimiento es tarea de todos, lo que no sucede en la actualidad que muchos procesos se realizan por terceros.</p>

