



## ANÁLISIS DE FALLAS MECÁNICAS EN TURBOCARGADORES (ANALYSIS OF MECHANICAL FAILURES IN TURBOCHARGERS)

**Ernesto Medina**

Sereturbo Diesel S.A

[shaorant@hotmail.com](mailto:shaorant@hotmail.com)

### RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue evaluar y proponer un Análisis de Falla en los Turbocargadores de la empresa SERETURBO DIESEL S.A. Este trabajo se dirige al público en general que tenga interés en el tema; respaldados en la detección del problema que en si es la parte más importante de la investigación; teniendo en cuenta grandes autores especialistas en la materia como lo son Aguilar, O, y Rosillón, K (2016), Rodríguez, R (2014), entre otros. El tipo de investigación es descriptiva y con modalidad de campo trabajando directamente sobre la muestra, basándose en el análisis detallado de los turbocargadores, utilizando herramientas de detección, identificación y gravedad, que proporciona la Metodología AMEF para cualquier equipo en general. Como parte del análisis de resultados se establecieron un conjunto de cálculos que proporcionaron la disponibilidad y confiabilidad en los turbocargadores a través del análisis estadístico de Weibull, finalizando con la elaboración de un manual de operaciones mecánicas donde se muestra cada falla con su posible solución

**Palabras claves:** Turbocargador, AMEF, Weibull, Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad.

### ABSTRACT

The main objective of this study was to evaluate and propose a Failure Analysis in Turbochargers of the company SERETURBO DIESEL S.A. This work is aimed at the general public that has an interest in the subject; supported in the detection of the problem that in itself is the most important part of the investigation; taking into account great authors specialized in the subject such as Aguilar, O, and Rosillón, K (2016), Rodríguez, R (2014), among others. The type of research is descriptive and with field modality working directly on the sample, based on the detailed analysis of the turbochargers, using detection, identification and gravity tools, which provides the AMEF Methodology for any team in general. As part of the analysis of results, a set of calculations was established that provided the availability and reliability in the



turbochargers through the statistical analysis of Weibull, ending with the elaboration of a manual of mechanical operations where each failure is shown with its possible solution

**Keywords:** Turbocharger, AMEF, Weibull, Reliability, Maintainability, Availability.

## INTRODUCCION

Un análisis consiste en identificar los componentes de un todo, separarlos y examinarlos para lograr acceder a sus principios más elementales. Las fallas son una condición no deseada que hace que el elemento estructural no desempeñe una función para la cual existe; es decir, es todo lo que detiene la operación de una máquina. Se busca que en cualquier anomalía se elimine completamente su causa. Del mismo modo, un análisis de falla efectúa un diagnóstico del porque un equipo ya no puede prestar más el servicio para el que fue destinado (Instituto Mexicano del Transporte, en su publicación Técnica número 11 del año 1992). Esta actividad radica en que al presentarse un defecto, se recolecta toda la información técnica necesaria sobre las condiciones de operación, los detalles operativos del equipo antes de fallar, y las consecuencias que se generan por ésta. Este análisis permite confirmar o destacar los supuestos hechos al pretender encontrar su origen.

Según Rodríguez, R (2007) a nivel mundial los análisis de fallas son considerados una pieza importante en el diagnóstico de los problemas eventualmente ocurrientes, el mantenimiento es uno de los agentes claves para la buena operación y progreso de las plantas industriales en el mundo. Este puede definirse como el conjunto de actividades utilizadas para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe llevando a cabo su función, en el contexto operacional presente, que permitan la maximización de la disponibilidad de estos equipos para la producción. Los procesos industriales tienen asociados riesgos que no son eliminados pueden arrastrar consigo consecuencias negativas incuantificables o no, debido a que pueden impactar a las personas, las instalaciones, el ambiente, la producción, flora y fauna y porque no decirlo, la calidad de vida.

Conscientes del avance tecnológico y del incremento del costo de mantenimiento, es común encontrar en una empresa de estructura, el empleo de grandes recursos sin obtener resultados proporcionales a los mismos, logrando rendimientos imprevistos. El transporte de la vida cotidiana o el transporte pesado (camiones, tractores, buses, entre otros) sufren grandes cambios tecnológicos debido que cada vez sus partes son más indispensables para su máximo desarrollo pero a su vez sufren importantes daños que pueden ser perjudiciales para los usuarios y los operadores de los equipos, es decir, estas maquinarias sufren de desgaste en piezas fundamentales que no permiten el avance del transporte producto de esas grandes fallas.



En lo anteriormente descrito en la empresa SERETURBO DIESEL S.A. tiene por objetivo la explotación del ramo de mecánica automotriz, establecimiento y operación de talleres de servicio, mecánica, operación de vehículos y turbocargadores Diesel de cualquier tipo, marca y modelo: fabricación, reparación, compra, venta, distribución, importación y exportación de todo tipo de motores turbocargadores, piezas y repuestos automotrices, productos y mercancía, como también cualquier actividad que de alguna manera esté vinculada a su objetivo principal, además el ejercicio de cualquier actividad de lícito comercio. Los turbocargadores es uno de los sistemas más sencillos y racionales para obtener la sobrealimentación de los motores de combustión interna. Dicho de otra manera las dos turbinas y el eje central giran en conjunto; la fuerza de empuje para girar la recibe una de las turbinas, la cual es soplada por los gases de escape, la otra turbina recibe el nombre de rueda compresora, debido a que recibe la fuerza rotativa de la primera, para comprimir la mezcla y empujarla dentro de los cilindros. De manera general, los turbocargadores están compuestos por un compresor centrífugo y una turbina accionada por los gases de escape.

Con lo anteriormente dicho, la caída de presión en la alimentación de los motores de aviación al elevar su altura de vuelo, motivó a los fabricantes a construir el turbocargador (también llamado turbocompresor por algunos fabricantes), éste se utiliza para mantener en el conducto de admisión, la presión de alimentación que se considere adecuada para el funcionamiento del motor. Actualmente se emplean mucho, para sobre alimentar motores de combustión interna, ya sean estáticos o de automoción. Las partes de los turbocargadores más comunes son: caracol de admisión, caracol de escape, cuerpo central, plato central, rueda de admisión, eje rotor, cojinetes o bujes (bronce o aluminio), anillos de admisión, anillos de escape, clic retenedor de bujes, entre otros componentes del mismo.

Dentro de esta empresa se cuenta con una gran cantidad de turbocargadores, entre los modelos más importantes se destacan TO4B, TO4E, S400 Y S3B para motor MACK, S300, S200 y S2ESL para motor Kodiat, estos suelen presentar una serie de fallas originadas mayormente a causa del mantenimiento, daños en la bomba de inyección, aceite contaminado, uso prolongado de los equipos, dificultades con la refrigeración del motor y contrapresión de los gases del motor; todas estas dan inicio a que se desencadene una sucesión de inconvenientes tales como la ausencia de lubricación, ingestión de objetos extraños, fallas de inyección, fallas de desgaste, fallas por exceso de temperatura, fallas de fractura de ejes, entre otros, las cuales no se detectan con rapidez debido a la falta de técnicas directas y precisas, que permitan reducir los periodos de tiempo en la identificación y severidad de las mismas, dando de esta manera satisfacción y gratitud al cliente directo e indirecto.

Dado su amplio campo de acción, puede realizarse sobre grandes estructuras o piezas mecánicas inoperables (un puente que se cae o un eje que se rompe), sobre componentes que operan pero no cumplen la función para la cual fueron creados y en piezas cuyo alto grado de deterioro hacen inseguro su funcionamiento.



Específicamente, en el campo de las maquinas, y aunque a la gran mayoría se le estima una vida útil que puede ir desde un mes hasta 20 años, su fallo anticipado es una razón suficiente para considerar un análisis de falla forense que se realiza siguiendo unos pasos escalonados hacia la causa real del problema, permitiendo fijar correctivos para evitar nuevos casos del problema y que tiene tres objetivos primarios según la práctica que se adelante (mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo).

La importancia de análisis de falla a realizar en la presente investigación radica en que será utilizado como herramienta para disminuir los costos de mantenimiento, incrementar la disponibilidad del sistema o equipo, aminorar las probabilidades de perdidas tanto financieras como humanas y en algunos casos impulsar el desarrollo de avances técnicos o tecnológicos importantes para distintos segmentos de la industria.

Es importante señalar que él no detectar estos problemas a tiempo, los equipos sufrirían grandes daños, tanto internos como externos, lo que genera como consecuencia elevados gastos económicos, y/o en el peor de los casos, la pérdida total de los turbocargadores. Visto de esta forma, lo anteriormente expuesto permite plantear un análisis de falla a los turbocargadores presentes en la empresa SERETURBO DIESEL S.A. con el propósito de minimizar o eliminar los daños existentes en los turbocargadores.

## OBJETIVO

Analizar las fallas mecánicas en los turbos cargadores de la empresa SERETURBO DIESEL S.A.

## METODOLOGIA

la investigación basada en la Modalidad de Investigación de Campo consiste en el análisis sistemático de un determinado problema con el objeto de describirlo, explicar sus causas y efectos, comprender su naturaleza y elementos que lo conforman, o predecir su ocurrencia .Una de las características básicas de este tipo de trabajo en la modalidad mencionada, es la siguiente: el estudiante deberá recabar los datos directamente de la realidad; lo cual significa que tales datos han de ser originales o primarios.

Por consiguiente podrá ser de tipo exploratorio, descriptivo, explicativo, evaluativo, estudio de caso, experimental, cuasi experimental, ex postfacto, investigación-acción, cualitativo, interpretativo, entre otros. Cuando la investigación que se efectúa es de tipo experimental y está dirigida a individuos o grupos de personas, se registrá por las normas nacionales e internacionales reguladoras de la



intervención intencionada con fines de investigación, a objeto de garantizar los derechos de los involucrados. (Arias, F 2006)

En base a lo anteriormente descrito, esta investigación se clasifica como modalidad de investigación de campo debido a que la información necesaria se recolectará mediante el contacto directo con el lugar de trabajo, observando, analizando y consultando al personal involucrado en el manejo de los equipos tal y como lo expresa Tamayo y Tamayo, M (2006), el cual puntualiza que el objeto de una investigación de campo, es proporcionar un modelo de verificación que permita contrastar hechos con teorías, y su forma es la de una estrategia o plan general que determina las operaciones necesarias para hacerla. Igualmente expone, que en el diseño de campo los datos se obtienen directamente de la realidad a través de la acción del investigador.

Por las condiciones de este tipo de investigación se puede definir como descriptiva la cual según Arias, F (2006, Pág. 24) consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.

Según Sabino, C (2006) "La investigación de tipo descriptiva trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Para la investigación descriptiva, su preocupación primordial radica en descubrir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. De esta forma se pueden obtener las notas que caracterizan a la realidad estudiada". (Pág. 51).

Tamayo y Tamayo, M (2004) definen una población como "la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población posee una característica común, la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación" (p.114). En la presente investigación, la población está constituida por cincuenta (50) turbocargores de diferentes modelos y marcas, característicos al promedio de equipos ingresados por mes a SERETURBO DIESEL S.A.

Por otra parte según Tamayo y Tamayo, M (2004), afirma que la muestra "es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico" (p.38). En este estudio, la muestra a manipular fueron diez (10) turbocargadores, correspondientes al 20% de la población total promedio de equipos ingresados por mes a SERETURBO DIESEL S.A.

## RESULTADOS

### Diagnóstico de las condiciones mecánicas de los turbocargadores de la empresa SERETURBO DIESEL S.A.

Para desarrollar este ítem fue necesario elaborar una serie de formatos o tablas para dar a conocer el diagnóstico de los turbocargadores presentes en la empresa SERETURBO DIESEL S.A., los cuales se presentan a continuación:

- *Ficha Técnica:* corresponde a la información detallada de los Turbocargadores correspondientes a la empresa SERETURBO DIESEL S.A., dando a conocer parámetros establecidos por el fabricante, como se muestra en el cuadro 14.

**Tabla 1.**  
**Ficha técnica de un turbocargador**

	
Turbocargador #1 CAT	
Modelo	S300 3126 KODIAT
Serial	B0706A8720
Nº partes	SL-8021
RPM	170.000 rpm aprox.

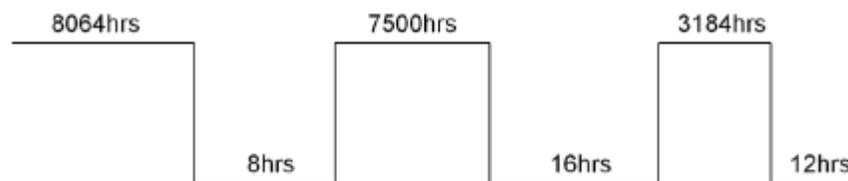
**Fuente: Propia (2016)**

- *Historial de Fallas:* representa los tiempos de operación y los tiempos de reparación de los turbocargadores, tomando como referencia de trabajo de ocho (8) horas al día. Es importante señalar que este formato varía dependiendo del historial de cada turbocargador

**Tabla 2**  
**Historial de fallas de un turbocargador**

 <b>SERETURBO DIESEL, S.A.</b>		
TURBOCARGADOR #1 (S300 3126 KODIAT CAT)		
Hrs de Operación	TPR	Hrs de Operación (8Hrs al día)
8064	8	18748
7500	16	
3184	12	

Fuente: Propia (2016)



**Figura 1. Representación gráfica del Historial de Fallas Turbocargador**  
Fuente: Propia (2016)

En la figura 1 se observan los tiempos de operación en comparación a los tiempos de reparación del turbocargador de codificación número uno (1), correspondiente al modelo S300; a este mismo se le atribuye el criterio de evaluación de ocho (8) horas diarias durante toda su operación, es decir, trabaja ocho (8) horas diarias / siete (7) días a la semana, hasta la duración de la última falla registrada del equipo.

Con respecto a su condición mecánica (Ver cuadro 19), esta se encuentra alrededor del 48%, este porcentaje se especula por experiencia empírica del funcionamiento del equipo, viene dado por la empresa SERETURBO DIESEL S.A. El turbocargador posee fallas realmente significativas, permitiendo que la potencia, fuerza, entre otros, del motor no sea la necesaria para cumplir con los requerimientos preestablecidos, presenta fallas de desgaste de componentes internos, y pérdidas de aceite debido al desgaste de anillos y ranuras de anillos del eje rotor, fugas de aire o de gases por pequeñas grietas en el caracol de escape, entre otras fallas.

- *Condiciones mecánicas (%)*: identifica la condición mecánica o estabilidad operacional del turbocargador, representándose en cuatro (4) fases: excelente, bueno, deficiente y dañado

**Tabla 3**  
**Condición mecánica de un turbocargador**

			
TURBOCARGADOR #1 (S300 3126 KODIAT CAT)			
Excelente	Bueno	Deficiente	Dañado
100 - 75 %	75 - 50 %	50 - 25 %	25 - 0 %
-	-	48%	-

Fuente: Propia (2016)

### Identificación de los modos y efectos de falla en los turbocargadores

Basándose en la teoría, un AMEF, propuesta por Aguilar, O y Rosillón, K (2016) es la consecuencia que puede traer consigo la ocurrencia de un modo de falla, tal y como lo experimenta el cliente, ejemplo deformación-no funciona. En el Modo y Efectos de Fallas aplicado a la muestra se presentan una serie de variables que son utilizados para analizar cada una de las fallas del turbocargador, así como también quienes se responsabilizan por dichos actos ejecutados

**Tabla 4**  
**AMEF de un turbocargador**

		MODO Y EFECTO DE FALLA AMEF (CUALITATIVO)						
		TURBOCARGADOR #1						
Modelo o codificación	Pieza o Parte	Propósito del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efectos de Falla	Causa Potencial de la Falla	Controles Actuales	Acciones Tomadas	Responsable
S300 KODIAT 3126	Bocinas o Bujes	No permite cargas radiales al eje rotor y eje central	Desgaste	Aumenta tolerancia radial	Fin de vida útil	Cambiar bocinas	Se cambio bocina	Personal de mantenimiento
	Eje rotor	Transmite potencia a todo el sistema	Ranura de anillos deformada	Paso de aceite	Fin de vida útil, anillo de escape	Rectificar ranura y cambiar anillo	Se compro anillo de escape sobre medida	Personal de mantenimiento
	Rueda de Admisión	Succión de aire de la atmosfera	Deformada, objetos extraños	Ruido excesivo	Descuido	Cambiar rueda de admisión	Se cambio rueda de admisión	Personal de mantenimiento
	Caracol de Escape	Dirigir los gases del motor al escape	Agrietado	Fuga de gases	Inyección del motor	Reparar caracol de escape	Se reparo caracol de escape	Soldador especialista

Fuente: Propia (2016)

En el cuadro anterior se puede observar que se presenta una serie de fallas en varias partes del equipo, ocasionando que no opere correctamente. Las fallas encontradas son las siguientes: daño en las bocinas, eje rotor, rueda de admisión y

caracol de escape. Se consideró revisar pieza por pieza para determinar la causa potencial de fallo de todo el sistema, arrojando como resultado la culminación de la vida útil de las bocinas y anillos, permitiendo que el equipo perdiera aceite y contaminara todo el motor. También presentó fallas por descuido del operador del vehículo, debido a que no se percató a tiempo de que el equipo presentaba fuga de aceite, continuando así su funcionamiento.

Luego de conocer las causas potenciales de fallo, se efectuó los controles para su debido mantenimiento o reparación del turbocargador, en este caso cambiaron las partes desgastadas, colocando piezas nuevas como son: bocinas, anillos, y rueda de admisión; en el caso de partes dañadas por operador del vehículo, se repararon y rectificaron las piezas para su funcionamiento como lo establecen los fabricantes del modelo del turbocargador #1, teniendo en cuenta que los responsables de ejecutar dicho mantenimiento fueron los del personal de mantenimiento calificado del taller.

### Estimación de los índices de evaluación para cada modo de fallo en los turbocargadores

En esta parte se mostrará el análisis cuantitativo de la muestra seleccionada en la investigación partiendo del hecho que el AMEF desarrollado anteriormente está siendo de manera cualitativa a fin de contraponerse con el diagrama de causa efecto a desarrollar para validar el análisis de fallas respectivamente.

**Tabla 5**  
**AMEF cuantitativo de un turbocargador**

	MODO Y EFECTO DE FALLA AMEF (CUANTITATIVO)				
	TURBOCARGADOR #1				
Modelo o codificación	Pieza o Parte	Índice de Gravedad (G)	Índice de Incidencia (O)	Índice de Detección (D)	Número de Prioridad de Riesgo (NPR)
S300 KODIAT 3126	Bocinas o Bujes	7	8	9	504
	Eje Rotor	4	6	5	120
	Rueda de Admisión	9	6	7	378
	Caracol de Escape	7	9	4	252

Fuente: Propia (2016)

Basándose en la teoría de Rodríguez, R (2014), el índice de evaluaciones respectivas a los niveles altos y bajos en el cuadro 57 son los siguientes: los bujes (bocinas), conteniendo un NPR por encima de los 500, se ubica en el rango de alto

riesgo de evaluación, obligando al personal de mantenimiento el cambio total de la pieza; por consiguiente el eje rotor se encuentra entre los 120 NPR de evaluación ubicándose en un rango de falla media-baja, permitiéndole al personal de mantenimiento balancear y rectificar ranura de anillo para un funcionamiento normal.

### Calculo de los tiempos promedios de reparación, tiempo promedio entre falla, la distribución de falla, utilizando la metodología del análisis estadístico de Weibull en los turbocargadores

En los siguientes cuadros se apreciarán los cálculos del análisis Weibull correspondientes a la muestra seleccionada en la investigación. Con esto se garantizara la confiabilidad de estos elementos a fin de contraponer con el NPR dado en la sección anterior basado en el AMEF cuantificado respectivamente.

ntotal=	4	Xi=	Ln(TEF)	R(t)=	$e^{-(t/\alpha)^\beta}$
Pf=	(n/ntotal)	Yi=	$\text{Ln}(-\text{Ln}(Ps))$	$\lambda=$	$1/\alpha$
Ps=	1 - Pf	$\alpha=$	e-A/B	t=	18748

TEF(hrs)	n	Pf	PS	Xi	Xi^2	Yi	Yi*Xi
8064	1	0.25	0.75	8.99516499	80.9129932	-1.24589932	-11.20707
7500	2	0.5	0.5	8.9226583	79.6138311	-0.36651292	-3.27026955
3184	3	0.75	0.25	8.065893547	65.0586387	0.32663426	2.63459717
				25.98371684	225.585463	-1.28577798	-11.8427424

TPEF(Hrs)=	6249.33333	R(t)=	378.2018968	$\lambda=$	0.00023948
$\alpha=$	4175.68562				

SISTEMA DE ECUACIONES			
$\sum Yi = n \cdot A + B \cdot \sum Xi$	→	-1.28577798	= 3A + 25.9837168B
$\sum Xi \cdot Yi = A \cdot \sum Xi + B \cdot \sum Xi^2$	→	-11.8427424	= 25.9837168A + 225.585463B

A	B	C
3	25.9837168	-1.28577798
25.9837168	225.585463	-11.8427424
A=	11.02139246	
B=β=	-1.32198005	

#### MANTENIBILIDAD DEL TURBO S300 KODIAT 3126

Pf=	(n/ntotal)	Yi=	$(\text{Ln}(-\text{Ln}(Pf)))$	R(t)=	$e^{-e^{-\alpha(t-U)}}$
ntotal=	4	$\alpha=$	-B	t(hrs)=	18748
Xi=	TPR	U=	A/α		

TPR(hrs)	n	Pf	Xi	Xi^2	Yi	Yi*Xi
8	1	0.25	8	64	0.32663426	2.61307408
16	2	0.5	16	256	-0.36651292	-5.86420673
12	3	0.75	12	144	-1.24589932	-14.9507919
			36	464	-1.28577798	-18.2019245

TPPR(Hrs)=	12	$\alpha=$	-0.0866434
------------	----	-----------	------------

U=	-7.05337194	R(t)=	0
----	-------------	-------	---

DISPONIBILIDAD

D(t)=	TPEF/(TPEF+TPPR)
TPEF(Hrs)=	6249.33333
TPPR(Hrs)=	12
D(t)=	0.99808348

**Figura 2. Análisis estadístico para un turbocargador**  
Fuente: Propia (2016)

Según el criterio de Confiabilidad y Mantenibilidad que explica que el de bajos parámetros es de 100% y el de alto parámetros de 0% se determinó en el cuadro 67 que el turbocargador tiene una Confiabilidad de 378%, es decir, que no se encuentra confiable para su operación en esas condiciones, a su vez la Mantenibilidad del sistema es de 1% significa que el equipo es mantenible para su reparación y vuelta a su funcionamiento. Por lo tanto el criterio de disponibilidad es de 100% para alta disposición y 0% para baja disposición, el turbocargador se encuentra en 99% de disponibilidad por sus bajos tiempos de reparación en comparación a los tiempos de operación del equipo, permitiendo que sea altamente confiable.

El estudio se comparó con los análisis cualitativos (AMEF) dando como resultado la confiabilidad del método de Weibull dando a conocer un planteamiento de correcciones antes de que ocurran las fallas graves y la parada en los sistemas que alberguen estos turbocargadores como vehículos de carga liviana, pesada o comercial.

**Manual de procedimientos para el análisis y control de fallas mecánicas de los turbocargadores**

Para desarrollar este manual no fue suficiente la experiencia empírica, sino también consultar textos, artículos, manual de fabricantes, páginas webs de mantenimiento, entre otros, con el fin de desarrollar un manual de operaciones mecánicas, que permita facilitar tanto al cliente como a los operadores de los vehículos, detectar dar las principales fallas directas e indirectas de los turbocargadores, para así tener una idea del problema existente

### a) Maneras de obtener mayor provecho de su turbocompresor

- **Sí, considere a su turbocargador como una parte integral del motor:** Su turbocargador fue diseñado en cooperación con el fabricante del motor para adaptarlo a su motor y a la tarea que éste debe cumplir. El motor y turbocargador son mutuamente dependientes. El turbocargador no es un accesorio que se agrega para ser usado hasta dañarse y luego desecharlo. Préstele usted el mismo mantenimiento programado que le presta a su motor. Cuando llega el momento de reparar el motor, ha llegado también el momento de reparar su turbocargador y por las mismas razones: reducir los períodos en que la unidad está detenida por reparaciones no programadas, y, menores costos operativos en el largo plazo.
- **No culpe precipitadamente al turbocargador cuando las cosas andan mal:** Muchas veces se desmonta un turbocargador en perfectas condiciones para repararlo por una sospecha de falla cuando en realidad la falla está en otra parte del motor. ¿Humo azul? Antes de desarmar el turbocargador, verifique que el filtro de aire está funcionando correctamente siguiendo el manual del fabricante del motor. Después de hacer las inspecciones normales del motor que se hacen para descubrir la causa del alto consumo de aceite (por pérdidas o por desgaste), entonces se justifica revisar el turbocargador. ¿Turbocargador ruidoso? Podría ser algo tan sencillo como una conexión de presión sin apretar. ¿Humo negro? ¿Motor que pierde potencia? Siempre revise primero el motor.
- **Sí, recuerde los tres “destructores de turbos”:** Hay tres causas principales que producen fallas prematuras en los turboalimentadores: **a.** falta de aceite lubricante. **b.** ingestión de objetos extraños. **c.** La contaminación del aceite lubricante. La falta de aceite va a aparecer primero como avería de los cojinetes lo que conducirá a rozamiento de la rueda, avería en los sellos y aún rotura del eje. La ingestión de objetos extraños destroza o deforma los álabes de las ruedas de turbina y compresora, ocasionando desbalanceo, inestabilidad rotacional y finalmente averías en los sellos y cojinetes.

El aceite contaminado causará rayadura en el eje y los cojinetes, tapaná los orificios de paso del aceite lo que producirá grandes pérdidas de aceite. Partes del motor, trapos de talle, arena, pueden producir averías en el turbocargador. Siguiendo las instrucciones en el manual de servicio del fabricante del motor en cuanto al mantenimiento de los sistemas de entrada de aire y filtrado de aceite se puede evitar las averías por ingestión de objetos extraños y aceite contaminado.

### Filtro de Aire

Un filtro de aire obstruido por exceso de polvo o por impregnación de aceite, ofrece una gran restricción al flujo de aire aspirado, provocando una reducción del

aire a ser comprimido para los cilindros, causando una pérdida de aceite por el lado del compresor y un funcionamiento irregular de turbocargador, dando como resultado un sobrecalentamiento del motor, pérdida de potencia y aumento del consumo de combustible. Filtros de aire “agujereados” permiten la entrada de cuerpos extraños que llegaran hasta los alabes del rotor de la rueda de admisión, desbalanceándolo y ocasionando la destrucción total del turbocargador.

### Arranque y Parada del Motor

Al encender el motor, déjelo funcionar algunos minutos en ralentí hasta estabilizarse la presión de aceite, este procedimiento protege y alarga la vida del turbocargador. No pare le motor bruscamente, déjelo funcionar algunos minutos en ralentí, para que el aceite lubricante enfríe el turbocargador y sus componentes internos. Al parar el motor en altas RPM (revoluciones por minuto), el turbocargador continuará girando sin alimentación de aceite, esta actitud causará daños a los bujes, llegando a la destrucción del turbocargador por falta de lubricación.

### Validación con diagrama Causa-Efecto De Algunos Turbocargadores

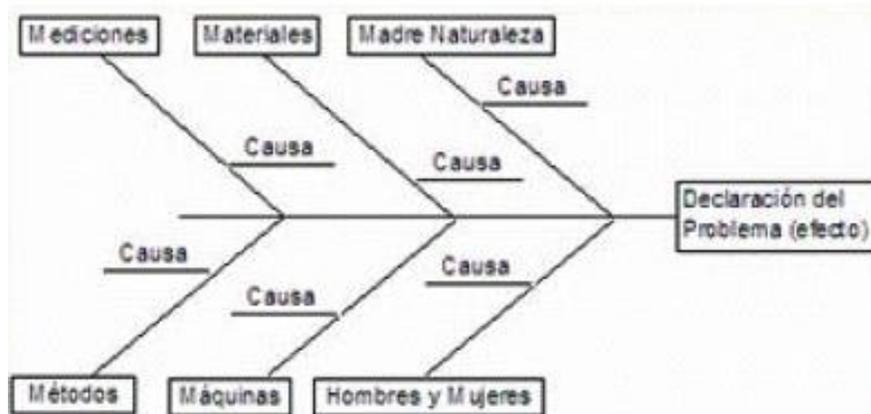
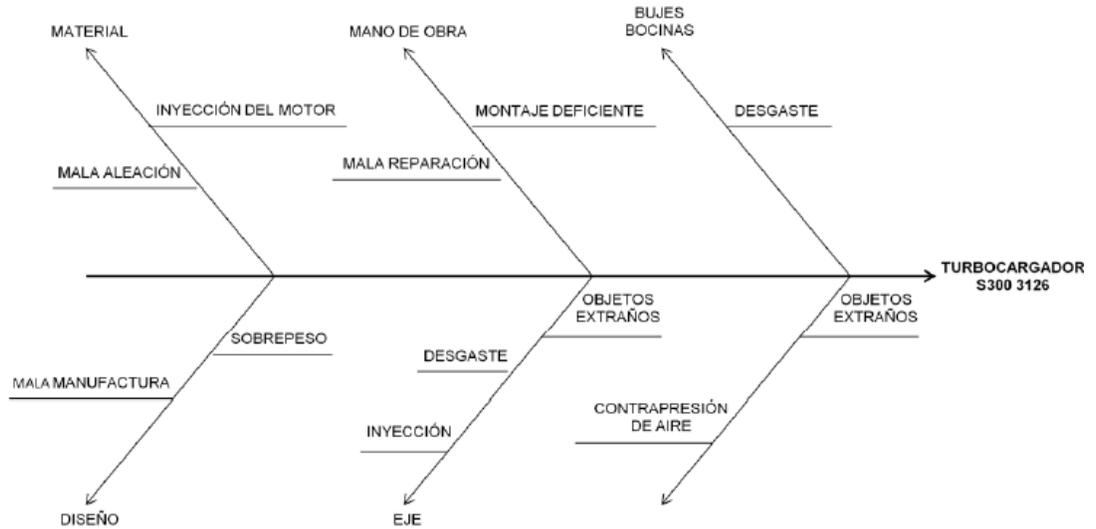


Figura 3. Análisis Causa efecto de un turbocargador de fabrica  
Fuente: Caterpillar (2016)

Los diagramas causa-efecto ayudan a pensar sobre todas las causas reales y potenciales de un suceso o problema, y no solamente en las más obvias o simples. Además, son idóneos para motivar el análisis y la discusión grupal, de manera que el equipo de trabajo pueda ampliar su comprensión del problema, visualizar las razones, motivos o factores principales y secundarios, identificar posibles soluciones, tomar decisiones y, organizar planes de acción.



**Figura 4. Análisis Causa efecto de un turbocargador modificado**  
Fuente: Propia (2016)

Partiendo de lo anterior se puede desarrollar un matriz de decisiones a fin de brindarle al usuario una solución temporal para problemas de causa u origen común basado en las tradicionales fallas.

**Tabla 6**  
**Matriz de diagnóstico de un turbocargador**

El motor carece energía	Humo negro del extractor	Consumición excesiva del aceite de motor	Humo azul del extractor	Turbo ruidoso	Sonido cíclico de turbo	Escape de aceite del sello del compresor	Escape de aceite del sello de turbina	Causa	Solución
■	■	■	■			■		Filtro de aire estorbado	Substituir el filtro de aire
■	■	■	■	■	■	■		Toma de aire obstruida a turbo	Quitar la obstrucción
■	■			■				Conducto obstruido del enchufe de aire del compresor al múltiple de producto	Quitar la obstrucción
■	■			■				Producto obstruido	Quitar la obstrucción
				■				Escape de aire en conducto del filtro de aire al compresor	Substituir los sellos o apretar los sujetadores
■	■	■	■	■				Escape de aire en conducto del compresor al múltiple de producto	Substituir los sellos o apretar los sujetadores
■	■	■	■	■				Escape de aire en el múltiple de producto al empalme del motor	Substituir los sellos o apretar los sujetadores
■	■	■	■	■			■	Obstrucción en múltiple del extractor	Quitar la obstrucción
■	■						■	Obstrucción en apilado del silenciador o del extractor	Quitar la obstrucción
■	■			■			■	Proveer de gas el escape en múltiple del extractor al empalme del motor	Substituir los sellos o apretar los sujetadores
■	■			■			■	Proveer de gas el escape en entrada de la turbina para agotar el empalme múltiple	Substituir los sellos o apretar los sujetadores
				■				Proveer de gas el escape en la canalización después de enchufe de la turbina	Reparar el escape del gas
		■	■			■	■	Línea de dren obstruida del aceite de turbo	Quitar la obstrucción o substituir la línea de dren del aceite
		■	■			■	■	Respiradero obstruido del cárter del motor del motor	Obstrucción clara
		■	■			■	■	La cubierta de centro de Turbo sledged o coquizó	Cambiar el aceite de motor, filtrar, substituir turbo como sea necesario
■	■							Bomba o inyectores de la inyección de carburante ajustados incorrectamente	Substituir o ajustar los inyectores y/o la bomba de inyección
■	■							Sincronización del árbol de levas del motor incorrecta	Comprobar sincronización reajustada
■	■	■	■			■	■	Anillos o trazadores de líneas gastados (fuga de gas) del motor	Reparación según lo necesitado
■	■	■	■			■	■	Problema interno del motor (válvulas, pistones)	Reparación según lo necesitado
■	■	■	■	■	■	■	■	La suciedad se apelmazó en la rueda del compresor	Limpiar con el limpiador no cáustico y el cepillo suave, cambia los filtros
■	■	■	■	■	■	■	■	Turbo dañado	Analizar turbo para determinar falta, substituir turbo

Fuente: Propia (2016)

## CONCLUSIONES

Toda Falla deja unas pistas que permiten encontrar su origen. El diseñador debe conocer muy bien las teorías de las fallas a fin de interpretar adecuadamente estas pistas para conocer donde, cuando y como atacar las fallas que no permiten el funcionamiento de los equipos.



Toda máquina tiene sus niveles normales de ruido, vibración y temperatura. Cuando se observe algún aumento anormal de estos niveles, se tienen los primeros indicios de que existe alguna falla. Los operarios de las máquinas deben ser instruidos para que avisen al detectar estos síntomas que presenta la máquina con el fin de preservar el equipo ante una posible falla que detenga más tiempo la máquina.

Antes de reemplazar una pieza que ha fallado se debe hacer un análisis minucioso con el fin de determinar la causa exacta y aplicar los correctivos que haya a lugar, es decir, pieza fallada pieza reemplazada.

Los análisis estadísticos dan una fuente de información viable de cuánto puede durar un equipo y cuando se le debe hacer su respectivo mantenimiento para conservar la vida útil del turbocargador, teniendo en cuenta las fallas anteriormente ocurridas y los tiempos de duración de las mismas para una confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad dentro de los parámetros establecidos por los fabricantes de los turbocargadores.

Los manuales de procedimientos mecánicos son útiles para conocer las funciones del turbocargador a la persona que desconozca completamente del equipo, permitiendo instruirse de las posibles fallas que pueden presentar y por qué las presenta, dando a conocer sus posibles soluciones a cada falla correspondiente de la máquina.

## CONSIDERACIONES FINALES

Efectuar un estudio más profundo para detectar fallas directas e indirectas de los turbocargadores, con la finalidad de prevenir las fallas ocurridas a tiempo y así poseer una confiabilidad operacional del equipo.

Realizar historiales de fallas más amplios para conocer la vida útil del turbocargador, desde que empieza su funcionamiento hasta la parada total de la máquina.

Al operar una máquina se debe tener un profundo conocimiento de la forma en que funciona cada elemento componente y la forma en que puede fallar.

Conocer las piezas o componentes internos de los turbocargadores, con el fin, de notar las posibles fallas que estas pueden presentar.

Revisar la matriz de diagnóstico cuando se presente una falla general de la máquina con el fin, de prever si la falla producida es por el turbocargador o proviene de otra parte de la máquina.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilar, O y Rosillón, K (2016) Implementación de un plan de mantenimiento predictivo basado en el análisis de velocidades centrífugas de compresores



Revista Tecnocientífica URU Universidad Rafael Urdaneta Facultad de Ingeniería No. 11 Julio – Diciembre 2016 Depósito Legal: PPI 201402ZU4464 ISSN: 2343-636011

- Arias, F (2006). El proyecto de Investigación. Guía para su elaboración. Tercera edición. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela. Documento en línea. Disponible en: <http://www.slideshare.net/alexaovalles/libro-de-arias-fidias>
- Rodríguez, C (2007). Análisis de Modos y Efectos de Falla para el mantenimiento de la flota de servicio pesado en empresa minera. Trabajo Especial de Grado de la División de Postgrado de Ingeniería de la Universidad del Zulia.
- Instituto Mexicano del Transporte, en su publicación Técnica número 11 del año 1992
- Rodríguez, R (2014) “Plan de mantenimiento mayor (overhaul) para la flota de carros perteneciente a la empresa rofrer, s.a. sucursal Cabimas. Escuela tecnología, Mención Mantenimiento. Instituto universitario tecnológico Antonio, José de Sucre, Maracaibo, Zulia. Venezuela.
- Sabino, C (2006) “El proceso de investigación”. 1era edición, editorial episteme, Caracas, Venezuela
- Tamayo y Tamayo, M (2004) El proceso de investigación científica. México: Editorial Limusa.