

Turbo Cargadores

Análisis de Fallas
Aplicado



CATERPILLAR

LIBRO DE REFERENCIA

TABLA DE CONTENIDOS

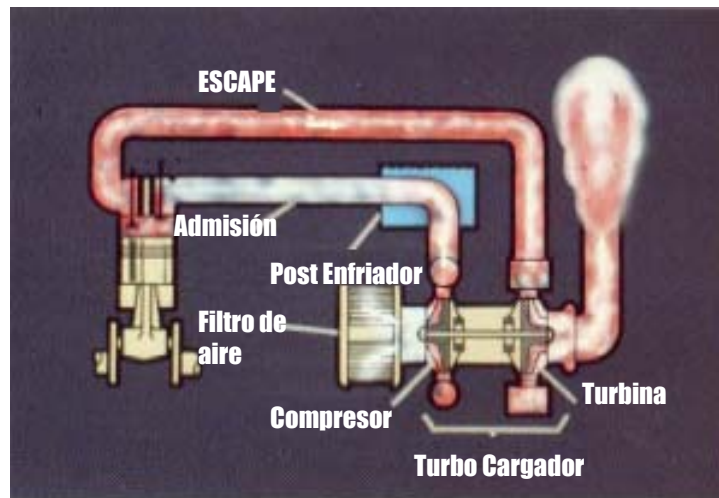
Estructura del Turbo Cargador	2,3,4
Por que los Turbo Cargadores Fallan	5
Falta de Lubricación	6,7
Abrasivos en el Lubricante	8,9
Temperaturas de Escape Altas	10
Daños por Partículas Externas	11
Apagado en Caliente	12
Problemas de Turbo Cargadores	13
Estallido de la rueda	13
Inclusiones en las fundiciones	14
Fallas por soldadura inercial	15
Otros problemas de turbo cargadores	16
Fabricación	17
Conclusión	18

PREFACIO

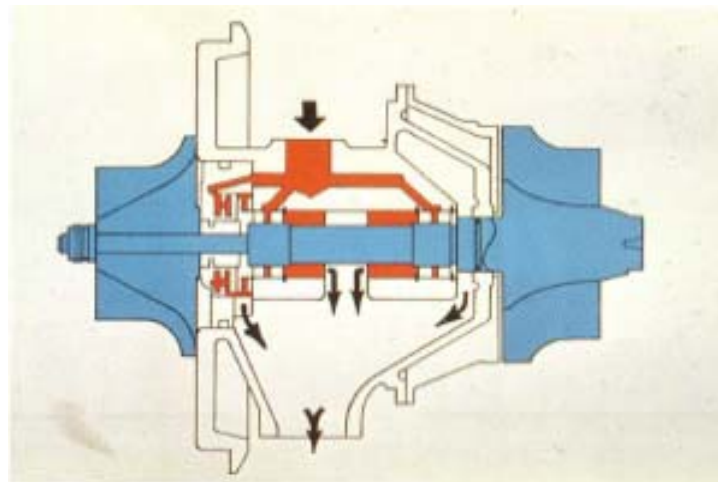
Este libro contiene un resumen de conceptos claves sobre la estructura de los turbo cargadores, operación, problemas, desgaste anormal y análisis de fracturas. Esta destinado para servir como libro de referencia para aquellas personas que asistieron al curso de Análisis de Fallas Aplicado de Caterpillar. Cualquier persona que desee más información sobre el Análisis de Fallas Aplicado debería contactar a su representante Caterpillar local.



ESTRUCTURA DEL TURBO CARGADOR



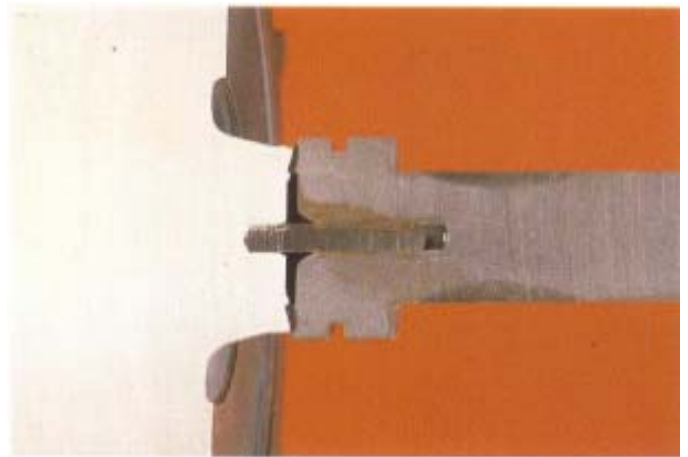
Los turbo cargadores usan la energía disponible en los gases de escape para comprimir y aumentar el suministro de aire de admisión. La potencia pueden ser tan alta como 100.000 RPM, lo que requiere tolerancias precisas y un equilibrio de las partes en rotación.



El aceite es suministrado a través de pasajes perforados directamente a las superficies del cojinete y el aceite se drena por la fuerza de gravedad a través de cavidades centrales. Los cojinetes de muñón del eje central rotan a aproximadamente 1/3 de la velocidad del eje central y flotan libremente en un amortiguador de aceite de lubricación.



Los ejes centrales son fabricados de un acero magnético de alta resistencia y son soldados por rayo o fricción a una rueda de turbina de fundición no magnética.



El eje central es endurecido por inducción en las ubicaciones del cojinete del muñón para aumentar la fuerza y la resistencia al desgaste. El eje por lo general es hueco dentro del área de soldadura para disminuir la conducción de calor desde la rueda de turbina.



Las ruedas de compresión son fabricadas de aluminio fundido de alta resistencia y tienen diferentes diseños.



Tanto la superficie trasera como la de la nariz de la turbina y la rueda del compresor están balanceadas por ranurado, etc. Las ruedas mas nuevas están balanceadas por un perforado mas preciso del orificio en el centro de peso, minimizando los requerimientos del balanceo.



Los cojinetes de muñón son fabricados de una aleación de plomo, cobre y estaño. Algunos tienen un revestimiento de estaño brillante. Los orificios perforados pequeños permiten que el aceite fluya a las superficies interiores.



Los aros de resorte de retención son fabricados de acero de alta resistencia. El lado con los bordes redondeados debe ser instalado contra las partes en rotación.



Las placas axiales son fabricadas por una capa superpuesta de cobre, estaño y plomo en una aleación de aluminio de alta resistencia, o por una capa superpuesta de aluminio en acero.



Las aros del sello (lado frío) del compresor, por lo general son fabricados de hierro fundido, mientras que los aros del sello de la turbina (lado caliente) por lo general son fabricados de una aleación de hierro dúctil al alto cromo.

POR QUE LOS TURBO CARGADORES FALLAN

La mayoría de las fallas de los turbo cargadores son el resultado de condiciones de trabajo y ambientales hostiles. Las áreas de posibles causas de raíz incluyen falta de lubricación, abrasivos en el aceite, temperaturas de escape excesivas, daños por material externo, paradas en caliente y problemas de turbo cargadores.

¿Por que los Turbo Cargadores Fallan?

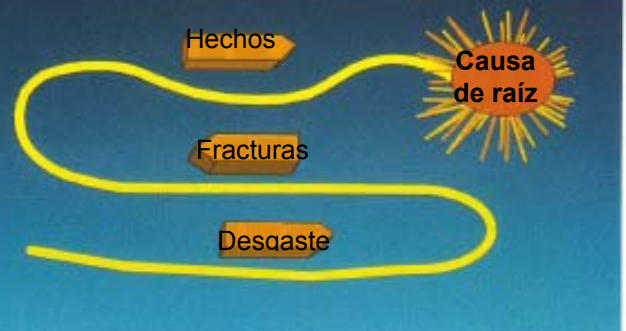
- **Falta de lubricación**
- **Abrasivos en el aceite**
- **Temperatura de escape alta**
- **Objetos externos**
- **Problemas de los turbo cargadores**

Ocho pasos para el análisis de falla aplicado



- Defina el problema clara y concisamente
- Organice la recolección de información
- Observe y registre los hechos
- Piense lógicamente de acuerdo a los hechos
- Identifique la causa de raíz más probable
- Comuníquese con la parte responsable
- Realice reparaciones de la manera indicada
- Realice un seguimiento con el cliente

Siga las Señales



El seguimiento de un enfoque organizado para el análisis de fallas, tal como los **Ocho Pasos para el Análisis de Fallas Aplicado**, nos ayuda a recolectar información importante y a reconocer las señales que nos guían a la causa de raíz correcta de cada falla.



La primera indicación de problemas con el turbo cargador por lo general es humo de escape negro. Con frecuencia la causa de raíz es simplemente un filtro de aire sucio que restringe el suministro de aire de admisión. Asegúrese de controlar los sistemas de admisión de aire antes de afirmar que hay un problema con el turbo cargador.

FALTA DE LUBRICACION

La falta de lubricación no solo disminuye la eliminación de calor de los turbo cargadores, sino que también aumenta la generación de calor friccional. Por lo tanto, deberíamos encontrar colores de revenido, desgaste adhesivo, metal debilitado, rueda en contacto con la carcasa, o separación de la rueda del centro del eje si se produce la falta de lubricación.

Señales de Falta de Lubricante

- **Colores de revenido**
- **Desgaste Adhesivo**
- **Metal Debilitado**
- **Contacto de la Rueda con las Carcasas**
- **Separación de la Rueda con el Eje.**



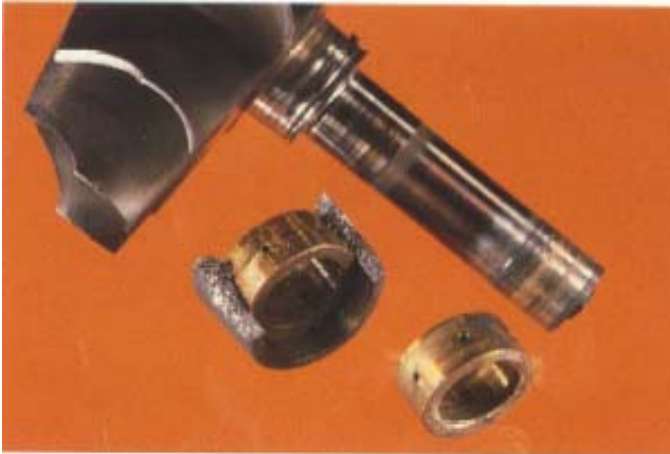
Los colores de revenido y el aceite carburizado negro son evidencia de un suministro inadecuado de aceite.



Una operación continua sin un suministro adecuado de aceite permite el desgaste adhesivo de los bujes y puede debilitar el eje central.

Con el tiempo el eje puede fracturarse. La superficie de fractura esta por lo general descolorida a causa del calor. Se puede usar un imán para verificar que el material del eje central este presente en la rueda de la turbina, y que la soldadura por fricción no ha fallado.





La presencia de desgaste adhesivo y de colores de revenido en el eje central indica un suministro de aceite inadecuado y la eliminación de calor.



Un cojinete de muñón esta trabado en la carcasa central debido a temperaturas excesivamente altas.



Las fracturas deberían ser inspeccionadas y clasificadas. Esta fractura parece ser una fractura secundaria rápida que se origina en el filete donde cambia el diámetro.



El otro lado de la fractura presenta deformación plástica y colores de revenido, señales definitivas de altas temperaturas y una fractura dúctil resultante.

Cuando los daños resultantes indican una falta de lubricación, la pregunta que queda por hacernos es ¿Por qué se produjo la falta de lubricación? Hay muchas causas de raíz, tales como un nivel bajo de aceite, arranques en frío, aceite incorrecto, pasajes restringidos, aceite contaminado, altas temperaturas, etc.



ABRASIVOS EN EL LUBRICANTE

Cuando hay partículas abrasivas en el aceite de lubricación, los cojinetes axiales y del muñón se desgastan rápidamente. Una inspección mas cercana de las superficies del cojinete revelara cortes, rayaduras, ranuras y algunas veces desechos incrustados. El calor generado es eliminado por el aceite de lubricación y las temperaturas de las superficies pueden permanecer casi normales.

Señales de Abrasivos en el Aceite

- **Rayaduras, cortes, ranuras**
- **Poco daño por calor**
- **Desgaste rápido**
- **Desechos incrustados**



El escudo de calor y los cojinetes centrales de este turbo están cubiertos con lodo y barniz y los cojinetes del muñón presentan decoloración por calor. El aceite presente parece estar contaminado con carbón y otros desechos pequeños que no han sido filtrados. Estas señales nos indican que obtengamos información sobre la calidad del aceite, tal como: intervalos de mantenimiento, filtros, cantidades de bombeo, etc.



Este cojinete del lado caliente presenta mucho desgaste, mientras que el cojinete del lado frío tiene una apariencia normal. Una inspección mas cercana revela que el aro sello se salio de su ranura durante la instalación. Esto puede ser la causa de raíz que permitió el ingreso de gases de escape calientes y carbón y que produjo el desgaste abrasivo.

El material externo grande puede ser introducido durante el armando del motor o del turbo cargador, durante reparaciones cuando los sistemas de lubricación del motor están abiertos, o durante operaciones de mantenimiento. Debido a que las RPM del turbo cargador son extremadamente altas, solo lleva un corto tiempo para causar un daño severo, producir el movimiento del eje, y permitir que las ruedas estén en contacto con las carcasas. El daño abrasivo será peor en la superficie exterior de los cojinetes del muñón que en la superficie interna debido a tolerancias ajustadas y fuerza centrífuga

Ya que la identificación del desecho es con frecuencia la clave para determinar la causa de raíz del desgaste abrasivo, cada vez que sea posible deberíamos inspeccionar cuidadosamente las áreas con receptáculos en busca de partículas de desechos atrapados, eliminarlas y limpiarlas lentamente, y examinarlas con una buena luz y ampliación.



Los restos grandes y duros han cortado y ranurado los cojinetes del eje.



El daño abrasivo es mas severo en las superficies exteriores que en las superficies interiores.



Una inspección general revela la presencia de corte abrasivo, y una primera idea preconcebida podría ser que el cliente permitió que los restos ingresen y causen el daño.



Solo con inspeccionar las superficies desgastadas con ampliación se pueden identificar las partículas abrasivas como esféricas, de tamaño uniforme, partículas duras con colores de revenido. ¿Munición de acero? ¿Fuente?

TEMPERATURAS DE ESCAPE ALTAS

Con poca frecuencia las temperaturas de escape altas pueden elevar la temperatura de la carcasa central por encima de 1000° F, carburizando el aceite del interior, oxidando las partes y provocando un desgaste acelerado.

Señales de Temperatura de Escape Altas

- **Mucho daño por calor**
 - Aceite recocido
 - Oxidación
 - Colores de revenido
- **Mucho desgaste del cojinete**

Una examinacion visual del exterior del turbo cargador sometido a temperaturas extremadamente altas por lo general revela mucha oxidación de todos los metales, como así también contacto de las ruedas con las carcasas.



En el desarme, las partes internas también deberían mostrar señales de altas temperaturas, tales como aceite recocido por todas partes, un escudo de calor altamente oxidado, colores de revenido, desgaste del cojinete, etc.

DAÑOS POR MATERIAL EXTERNO

Cuando el material externo ingresa a los turbo cargadores, se produce un daño inmediato a los bordes de muchas hojas. Ya sea la carga de impacto o una condición de desbalance puede provocar la flexión del eje central o la separación de la rueda.

Señales de Material Externo

- Daños a la hoja de la rueda
- Eje central flexionado
- Desgaste normal del cojinete
- Separación de la rueda



Cuando el material externo ingresa a la rueda de la turbina, los bordes externos de las hojas son doblados y torcidos cuando la rueda de alta velocidad golpea un objeto estacionario. (Aunque sea pequeño, el material externo liviano parecerá pesado para una hoja de alta velocidad).



Cuando el material externo grande ingresa a la rueda del compresor, los bordes internos de la hoja son doblados y torcidos.

El material externo mas pequeño provocara menos daño severo en la misma ubicación. Las vías de tracción sucias por el daño nos indican que fueron usadas después de producido el daño.

DAÑOS POR DETENCION EN CALIENTE

Después de una operación de carga completa, los turbo cargadores tienen una temperatura máxima y requieren varios minutos de una operación sin carga para permitir que el aceite de lubricación elimine el exceso de calor. Cuando se detiene en caliente, se permite que el calor penetre en la carcasa central, carburise el aceite residual, y en ocasiones, disminuya la resistencia de las partes.



El cojinete del lado caliente presenta un desgaste abrasivo fino a causa del aceite carburizado. La superficie ha sido rallada para mostrar la nueva capa de aceite carburizado.



Si el aceite recocido provoca que un cojinete se adhiera al eje central, se producirá una potencia máxima y un desgaste excesivo en el lado exterior.



Cuando los cojinetes son retirados del eje central después de detenciones en caliente, es común encontrar puntos de templado y aros donde el aceite residual se ha vertido en un eje caliente a través de pasajes de aceite y alrededor de los cojinetes. Detenciones en caliente repetidas por lo general producen varios puntos por templado. Los puntos más recientes serán brillosos y los puntos más viejos desaparecerán con el desgaste.

PROBLEMAS DE TURBO CARGADORES

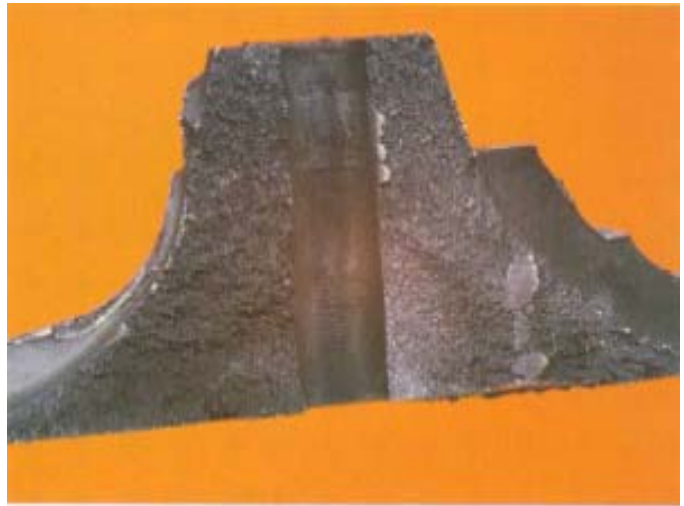
Mientras que la mayoría de las fallas de los turbo cargadores son causadas por problemas ambientales, las fallas ocasionalmente se producen a causa de problemas con los mismos turbos. Podemos agrupar estos problemas en dos áreas generales, diseño del turbo y materiales (estallido de la rueda, fatiga de la hoja, inclusiones de fundiciones, etc.) y fabricación del turbo (problemas de armado, daños por manipuleo, etc.) Existen señales y hechos que nos ayudaran a identificar estos problemas con el turbo.

ESTALLIDO DE LA RUEDA

Cuando nos preguntamos ¿Qué provoco que esta rueda del compresor de fracturara?, la respuesta mas común es “material externo”. Todas las superficies deberían ser examinadas y todas las fracturas clasificadas antes de brindar nuestra opinión.



La fractura más grande debería ser estudiada más cuidadosamente. Cuando se la sostiene a la altura de los brazos, es difícil ver los detalles en la superficie de fractura. Necesitamos observar a la superficie con buena iluminación y ampliación.



Ahora la superficie de fractura muestra claramente un área semi circular que es más suave y brillante en el lado inferior derecho del calibre del eje. Esto es una fractura por fatiga y un estallido resultante de la rueda, producido por una fuerza centrífuga cíclica.

INCLUSIONES DE FUNDICION

A pesar de es poco común, es posible tener inclusiones, gas atrapado u otros problemas de fundición que producen discontinuidad y debilidad en una parte de metal. Ya que las tensiones severas en las partes en rotación son con frecuencia producidas por una fuerza centrifuga y RPM altas, deberíamos esperar que se produzca un daño severo si existe la presencia de un defecto de fundición.



Una inspección casual puede conducirnos a pensar que esta rueda de turbina ha sufrido la presencia de un daño por impacto resultante.



Pero cuando se usa un imán para controlar la falla de soldadura, el imán es atraído, indicando que el eje esta fracturado, un resultado de la sobre carga.



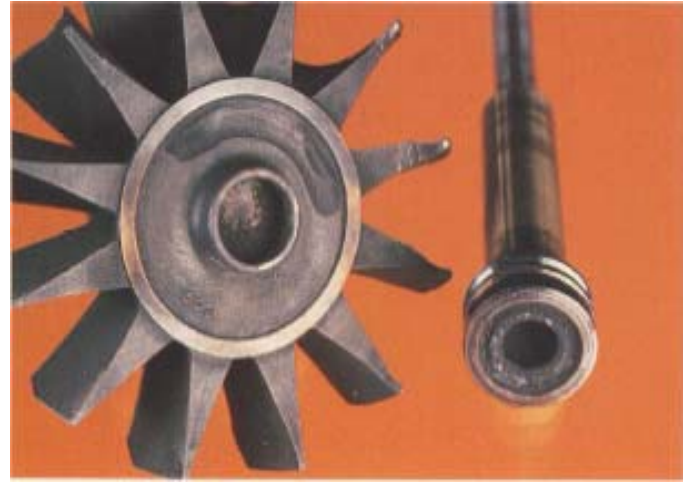
A medida que se inspecciona cada hoja fracturada, una hoja tiene una fractura diferente, más interesante y debería ser estudiada con buena luz y ampliación.



Un defecto de fundición es ahora percibido fácilmente, lo que provoco fractura por fatiga de la hoja, produciendo el otro daño por impacto, sobrecargando y quebrando el eje central.

FALLAS POR SOLDADURA INERCIAL

Las ruedas de turbina son soldadas por rayo o por fricción a los ejes centrales. Si se comete un error durante este proceso, puede no producirse la adhesión adecuada, como vemos aquí. Ya que la rueda de turbina no es magnética y el eje si, se puede usar un imán para controlar la falla de la soldadura.



Las fallas de soldadura son suaves y planas con poco metal remanente en la superficie de fractura de la rueda de la turbina.



La energía de escape es suficiente para mantener la rueda fracturada girando hasta que sea lo suficientemente pequeña para escaparse del turbo cargador.



Un imán se adhiere a esta fractura, indicándonos que el eje se ha quebrado y que la soldadura estaba bien.



Una inspección visual con buena iluminación muestra tanto colores de revenido como metal cortado del eje, lo cual también indica que esto no es una falla de soldadura.

OTROS PROBLEMAS DE TURBO CARGADORES

Cuando el aluminio ha sido removido por arriba o por debajo del área del asiento de la tuerca, el aluminio restante puede deformarse, produciendo tensión del eje fuera del centro, flexión del eje, y contacto de la rueda con la carcasa.



El pasaje de lubricación no fue perforado en esta placa axial y causo un desgaste adhesivo inmediato.



Los pasajes perforados pueden estar mal ubicados. Este pasaje de aceite de admisión descentrado produjo una lubricación marginal de los cojinetes.



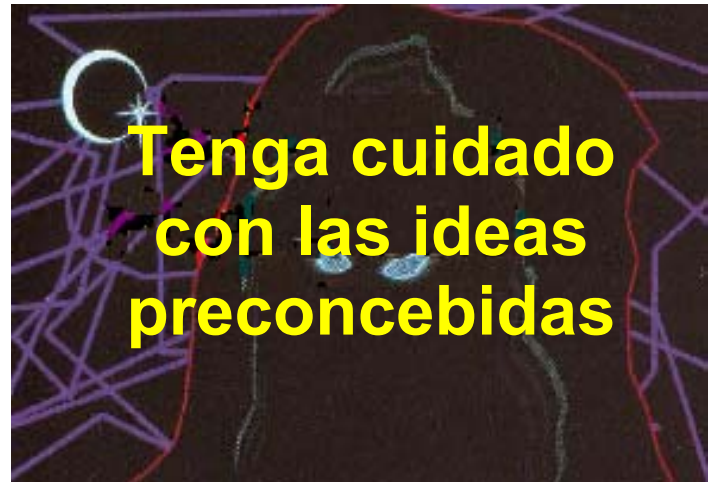
Algunas veces una rueda caliente o fría puede tener una hoja faltante y solo daños menores en las otras hojas. Una primera idea preconcebida es por lo general que ha ingresado material externo.



Una inspección mas cercana, sin embargo, muestra que se produjo la fractura por fatiga de la hoja, iniciándose en el centro (mas suave y lisa) y terminando hacia el exterior (mas áspera y rugosa)

FABRICACION

Los problemas de los turbo cargadores también pueden ser causados por errores de fabricación, por parte de la fabrica, del distribuidor o del personal del cliente. Los errores incluyen la instalación o re uso de partes dañadas. Debemos tener cuidado con las ideas preconcebidas a medida que analizamos las fallas de los turbo cargadores, y dejar que los hechos nos guíen hacia la causa de raíz correcta.



Si las superficies de la tuerca de retención de la rueda del compresor no son lisas y cuadradas con roscas, pueden interferir con la rueda de aluminio y provocar que la fuerza de sujeción se relaje.



Cuando los calibres de la carcasa son ásperos y los cojinetes no rotan libremente, se produce una potencia máxima y un desgaste excesivo del otro lado del cojinete.



La instalación de un eje áspero en el interior de la carcasa puede causar daño de impacto a los aros sellos y a las ranuras, produciendo problemas de fuga de aceite.



El manipuleo brusco o el cargado lateral mientras se ajustan las tuercas de retención pueden flexionar los ejes centrales, produciendo desbalance, desgaste excesivo del cojinete, y contacto de la rueda con la carcasa.

CONCLUSION

A medida que nos encontramos con problemas con los turbo cargadores, los hechos específicos de cada falla nos conducirán a la identificación correcta de la causa de raíz de la falla. Por lo tanto, debemos pensar de acuerdo a los hechos hasta que entendamos que lo que ha pasado es vital.

Conclusión

Causa de raíz específica = Resultado de la falla específico

Hechos - Piense

Pregunta de “Doble Control”

- ¿Hay alguna forma posible por la cual otro factor puede haber causado la falla?

El uso de la pregunta de doble control para controlar la coherencia de nuestro pensamiento es siempre una buena idea.



Y cuando descubramos que partes de la competencia han causado la falla, es una oportunidad de explicar la diferencia con las partes CAT y aumentar la confianza del cliente.

VENTAS!

- **Productos**
- **Partes**
- **Servicio**

Si aplicamos continuamente los **Ocho Pasos para el Análisis de Fallas Aplicado**, podemos mejorar la calidad de nuestro apoyo a los productos y aumentar las ventas de los productos, partes y servicios.

OTROS LIBROS DE REFERENCIA

A continuación hay una lista de Libros de Referencia incluidos en la Serie de Analisis de Fallas Aplicado. Debido a que los libros sobre otros temas y componentes estan completados, seran anunciados de la manera usual

N° de Forma	Titulo
SEVB0549	Principios de Metalurgia
SEVB0554	Principios de Desgaste
SEVB0552	Principios de Fracturas
SEVB0547	Principios de Examinacion Visual
SEVB0545	Sujetadores Roscados
SEVB0546	Bielas
SEVB0548	Cigüeñales
SEVB0544	Cojinetes del Motor
SEVB0553	Pistones, Aros y Camisas
SEVB0551	Válvulas del Motor
SEVB0550	Turbocargadores
SEVB0561	Engranajes
SEVB0562	Conjinetes Anti- Friccion
SEVB0563	Motores y Bombas Hidraulicas
SEVB0564	Conjunto Completo de los Libros de Referencia antes enunciados