

Sujetadores Roscados

Análisis de Fallas
Aplicado



CATERPILLAR

LIBRO DE REFERENCIA

TABLA DE CONTENIDOS

Nomenclatura	2
Carga	2
Estructura	3
Desarrollo del Análisis de Fallas	4
Resultados de una Operación Anormal	5
Fracturas por Fatiga	6
Fracturas Dúctiles	8
Corte de Impacto	10
Frotación y Corrosión por Frotación	11
Problemas de Sujetadores	12
Material	12
Formación	13
Endurecimiento	14
Roscado	16
Conclusión del Análisis	17

PREFACIO

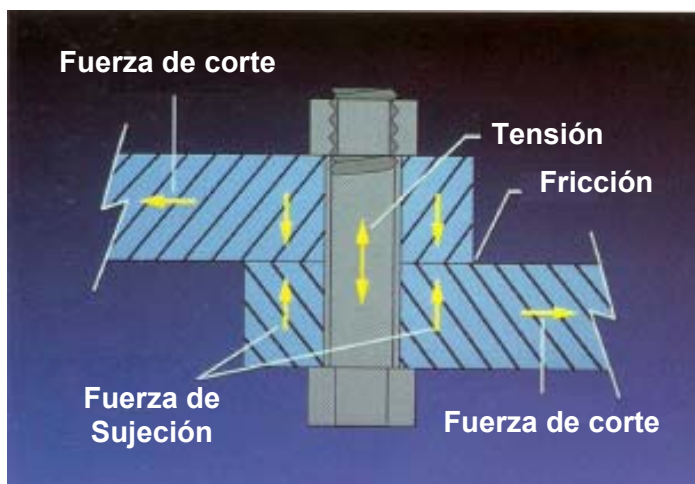
El propósito de este libro es explicar e ilustrar los principios básicos que serán usados en el análisis de fallas de los sujetadores roscados. La información en este libro esta condensada del Seminario de Análisis de Fallas Aplicado de Caterpillar. Cualquier persona que desee más información sobre el Análisis de Fallas Aplicado debería contactar a su representante Caterpillar local.



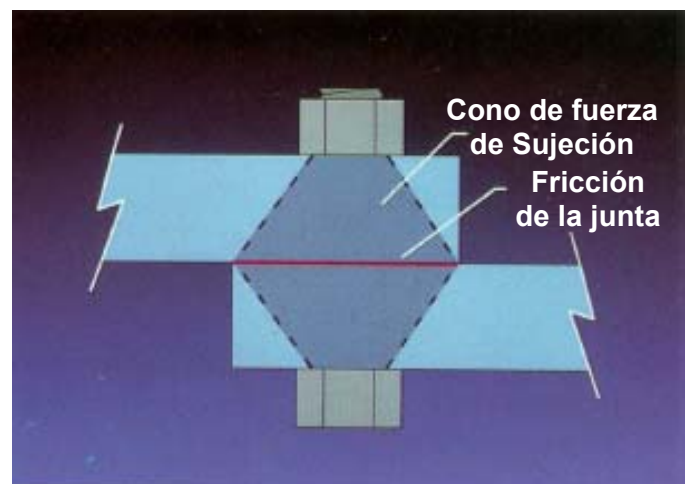
NOMENCLATURA



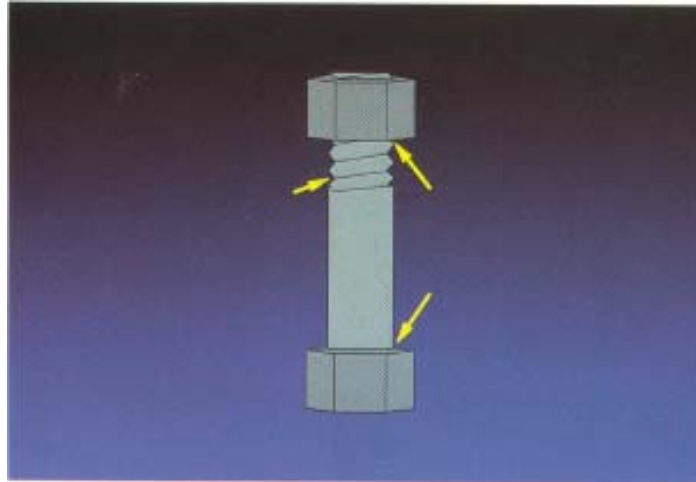
CARGAS



Cuando un bulón es ajustado adecuadamente, no debería haber movimiento relativo entre las dos partes unidas. Por lo tanto, la única carga en el bulón es la tensión. Cualquier fuerza de flexión o corte es soportada por la fricción de las superficies unidas producida por la fuerza de sujeción la cual se debe a la tensión del bulón.



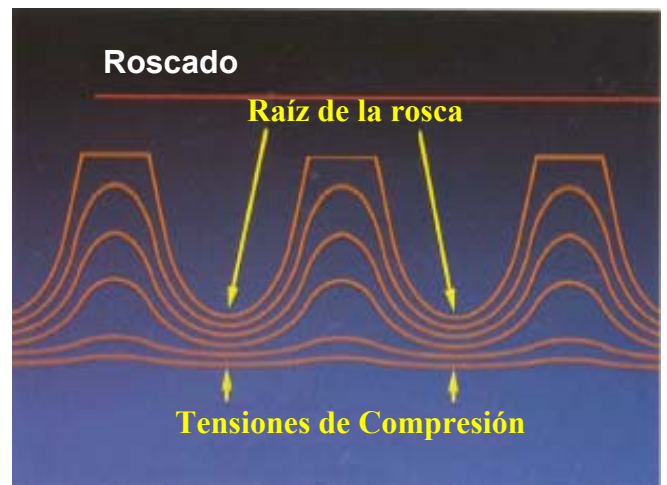
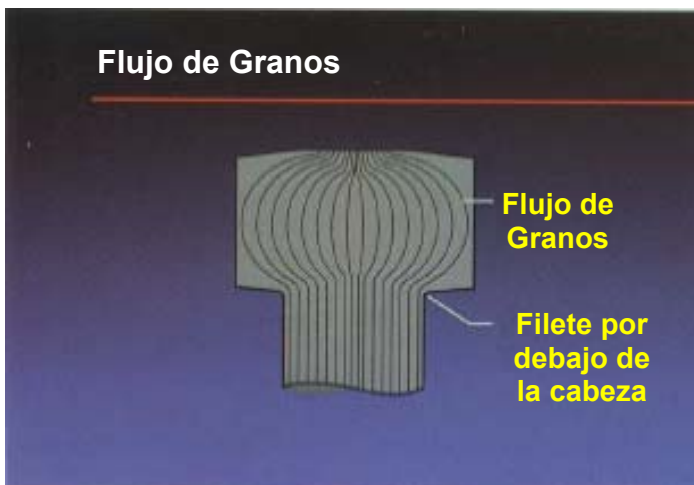
En cada junta abulonada hay un cono de fuerza de sujeción efectiva. La carga es transferida desde una parte a la otra en las superficies de partición incluidas en el cono (ilustrado en rojo en la foto anterior).



Las áreas de más alta tensión en un bulón son:

- 1) La primera raíz de la rosca expuesta en el lado de unión de la tuerca u orificio perforado
- 2) La primera raíz de la rosca después del tronco, y
- 3) El filete por debajo de la cabeza

ESTRUCTURA



El flujo de granos es paralelo a las superficies del filete por debajo de la cabeza, de las raíces de la rosca y el tronco altamente tensionado para brindar una buena resistencia a las fracturas. Las roscas en la mayoría de los bulones Caterpillar son rodadas y no cortadas, lo cual produce superficies más suaves y deja la tensión de compresión en las raíces de las roscas para resistir aun más al desarrollo de fracturas.

DESARROLLO DEL ANALISIS DE FALLAS

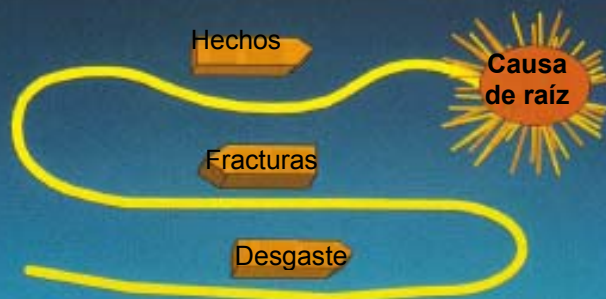
Ocho Pasos para el Análisis de Fallas Aplicado



- 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

Como se discutió en el modulo de Administración de Análisis de Fallas Aplicado, el seguimiento de un enfoque organizado, tal como los Ocho Pasos para el Análisis de Fallas Aplicado es la forma mas rápida y segura de identificar la causa de raíz correcta de cada falla y de satisfacer a los clientes.

Siga las Señales

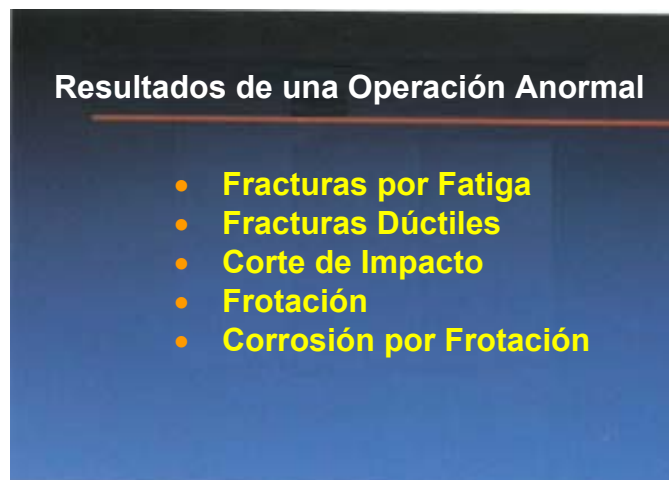


Los hechos de desgaste y de fractura deberían ser obtenidos a través de un examen visual cuidadoso de los bulones fallados y componentes relacionados. Estos hechos actuaran como señalizadores que nos guiaran hacia la causa de raíz correcta.



Los bulones Caterpillar son fabricados cuidadosamente y casi nunca son la causa de raíz de una falla. Por lo tanto, deberíamos separar cuidadosamente las causas de los resultados al identificar cualquier ambiente de operación anormal que pueda haber debilitado o sobrecargado los componentes y clasificar los tipos de desgaste y fractura.

RESULTADOS DE UNA OPERACIÓN ANORMAL



Las condiciones anormales que hacen que los bulones fallen por lo general resultan en fracturas por fatiga, fracturas dúctiles, cortes de impacto, frotación o corrosión por frotación. Cada condición anormal tendrá su propia lista de posibles causas.

FRACTURAS POR FATIGA

Las señales de fractura por fatiga incluyen marcas de playa, marcas de trinquete, una superficie lisa, y un área de fractura frágil o dúctil como fractura final.

Las fracturas por fatiga pueden ser causadas por:

- 1) Concentradores anormales de tensión tales como picaduras, melladuras, abolladuras, etc. Las fracturas por fatiga por lo general comienzan a partir de un concentrador anormal de tensión.
- 2) La sobrecarga cíclica de una unión ajustada o la carga normal de un bulón debilitado, suelto o del grado incorrecto. Estas fracturas por lo general se iniciarán en el área de alta tensión- en el filete por debajo de la cabeza, la primera raíz de la rosca en el lado de unión de la tuerca u orificio roscado, o en la primera raíz de la rosca después del tronco. Por lo general tendrán puntos de inicio múltiples, lo cual es una indicación de alta tensión.



Aquí vemos una fractura por fatiga causada por una abolladura en el tronco del bulón. Observe que el punto de inicio esta en la abolladura, probablemente causada por daños por manipuleo.



Aquí vemos una fractura por fatiga causada por una sobrecarga cíclica. Observe que no hay un concentrador anormal de tensión obvio en el punto de inicio (en el lado derecho de la superficie de fractura) y hay varias marcas de trinquete (puntos de inicio múltiples) que empiezan en la raíz de la rosca indicando la aplicación de altas tensiones.



Aquí vemos una pestaña del volante del cigüeñal con bulones quebrados, indicando que la aplicación de fuerza fue superior que las fuerzas de sujeción provocando el movimiento de la unión.



Los orificios del bulon en el volante del mismo motor están estirados indicando que todos los bulones trabajaron estando sueltos.



Aquí vemos fragmentos del mismo motor. Los dos de la derecha presentan fracturas por fatiga.



Aquí vemos un fragmento típico dejado en la pestaña del volante del mismo motor y presenta fatiga por flexión rotacional.

Las fracturas por fatiga del bulon son probablemente a causa de una unión suelta, resultando en una sobrecarga por flexión en reversa cíclica de los bulones. Las causas de raíz probables de las uniones sueltas son un torque insuficiente del bulon, una carga excesiva de la unión, desechos entre las superficies de partición, etc.

FRACTURAS DUCTILES

Los bulones también pueden experimentar fracturas dúctiles causadas por una sobrecarga excesiva durante un ciclo de carga. Las señales de fracturas dúctiles son deformación plástica, superficies ásperas, rugosas y oscuras y labios de corte.

Las fracturas dúctiles pueden ser causadas por:

- 1) Concentradores de tensión tan profundos que el área del bulon es reducida significativamente.
- 2) Sobrecarga del ciclo simple sin concentradores anormales de tensión, como consecuencia de: a) una carga externa pesada, b) otra parte con fallas provocando una sobrecarga masiva del bulon adyacente, c) un bulon debilitado (debido a temperaturas altas) o un bulon del grado incorrecto.



Aquí vemos un bulon sobrecargado y con deformación plástica (estirado).



Ahora observamos una falla por sobrecarga de ciclo simple. Las señales son la deformación plástica, las superficies de fracturas oscuras, ásperas y rugosas con labios de corte.



Este bulon fue fracturado en una prueba de tracción de ciclo simple. El labio de corte grande en un lado del bulon se debe a una cuña de 6°, la cual fue instalada por debajo de la cabeza durante la prueba y produjo tensiones en el bulon fuera del centro.



Cuando los bulones son sometidos a altas temperaturas, se pueden debilitar o fracturar en una fractura dúctil. Las señales son desgaste severo, fractura final dúctil y decoloración por calor (superficie muy negra).



Este bulon fue torquado en exceso. Las señales son deformación plástica, fractura dúctil, roscas muy rayadas y estriadas.

CORTE DE IMPACTO

A veces vemos bulones que han sido cortados o aplastados. Son el daño resultante y no deberían ser confundidos con fracturas por fatiga. Mientras que pueden tener una superficie relativamente pequeña, serán brillosos (sedosos) en apariencia, no tendrán marcas de playa, además, por lo general habrá daños por impacto en el lugar en que la parte fue golpeada. Con frecuencia, encontramos decoloración por calor localizada debido a las altas temperaturas generadas por el calor o la fricción durante el daño por impacto.

El daño por corte es por lo general provocado por algún objeto móvil de energía alta, tal como una parte suelta o quebrada que golpea a otra.



Este es un ejemplo de un bulon cortado o aplastado. Observe las señales, apariencia suave y sedosa sin marcas de playa. Las indentaciones de las roscas en el orificio del bulon indican una fuerza de corte alta.

FROTACION Y CORROSION POR FROTACION

La frotación o la corrosión por frotación indican el movimiento de la unión. Las señales de frotación son el pulido y las abolladuras de la superficie. Las señales de corrosión por frotación son: micro soldadura, transferencia de metal y formación de óxido rojizo.



En esta foto observamos corrosión en una superficie de arandela de un bulon de biela.



Encontramos la presencia de corrosión por frotación en la parte media del tronco de este bulon. Observe el deposito de óxido rojizo.

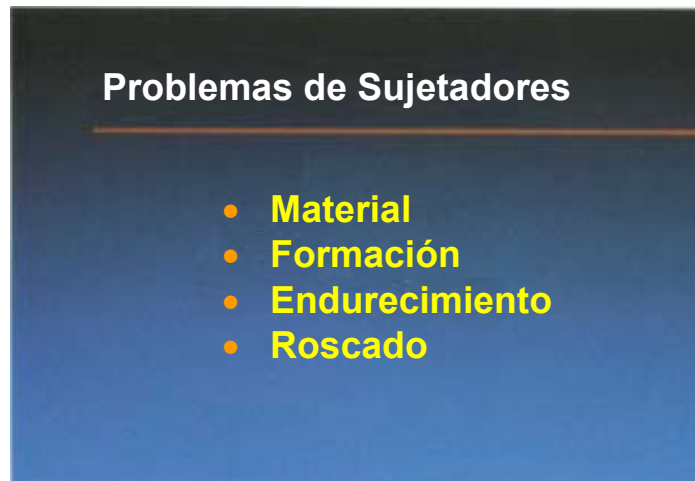


Este bulon tiene una fractura por fatiga en la parte media del tronco. El acercamiento de la foto revela que la fractura se inicio en la superficie del tronco en el lugar donde apunta la flecha amarilla. Observe la corrosión por frotación a la derecha de la flecha. Esta misma condición existió en la punta de la flecha y provoco la fractura por fatiga.



La corrosión es por lo general la consecuencia de uniones sueltas causadas por un exceso o una deficiencia de torque y bulones estirados, temperaturas excesivas, etc. La corrosión por frotación puede ser causada cuando las superficies de las uniones apretadas son forzadas a moverse una contra otra por las sobrecargas cíclicas.

PROBLEMAS DE SUJETADORES



La calidad de los bulones Caterpillar esta controlada cuidadosamente por las especificaciones “stringent”. Como resultado, los defectos de los bulones por lo general no son la causa de raíz de un problema. En ocasiones, sin embargo, si existen problemas de material o fabricación, lo que provoca que los bulones fallen. Los mas comunes son los problemas de material, formación, endurecimiento y roscado.

PROBLEMAS DE MATERIALES



Como con un acero laminado, los bulones pueden contener venas, bolsas de contracción, inclusiones, etc. Este bulon tiene una vena que fue formada durante el laminado caliente del acero del que es fabricado el bulon. Las venas y otros defectos de materiales por lo general no son perjudiciales, amenos que sean grandes, en áreas abiertas y/ o de alta tensión.

PROBLEMAS DE FORMACION

Durante la formación en troquel, es posible producir un concentrador de tensión no deseado tal como solapas, pliegues y desgarraduras.



En este bulon se encontraron desgarraduras por medio de una inspección ultrasónica. El bulon, que debía haber estado pre calentado, se enfrió antes de la formación. Como resultado, cuando se lo forzó en la sección de roscado del troquel de formación, el acero cerca de la parte exterior del bulon fluyo más rápido que el acero del interior. Esto provoco que el metal interior se sobrecargue de tensión y se desgarre en 5 lugares de la porción roscada del bulon.



Los “estallidos de la cabeza” son venas por laminado que se abrieron cuando se formo la cabeza del bulon.

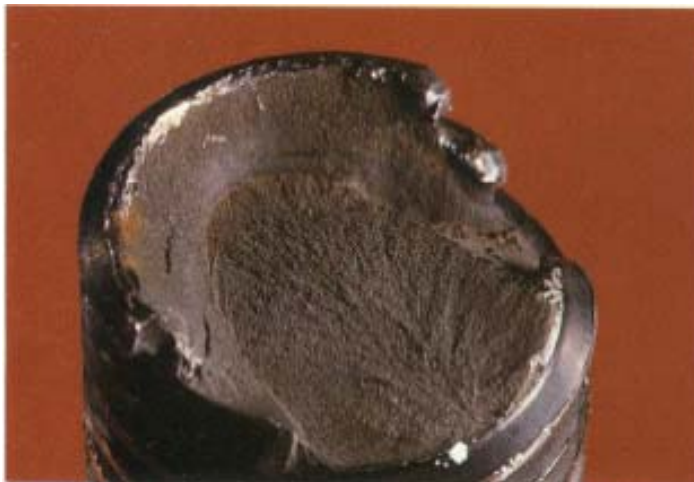
Los estallidos de la cabeza son una preocupación particular cuando se extienden a áreas de alta tensión por debajo de la cabeza del filete como se muestra en este acercamiento en la foto de arriba.

PROBLEMAS DE ENDURECIMIENTO

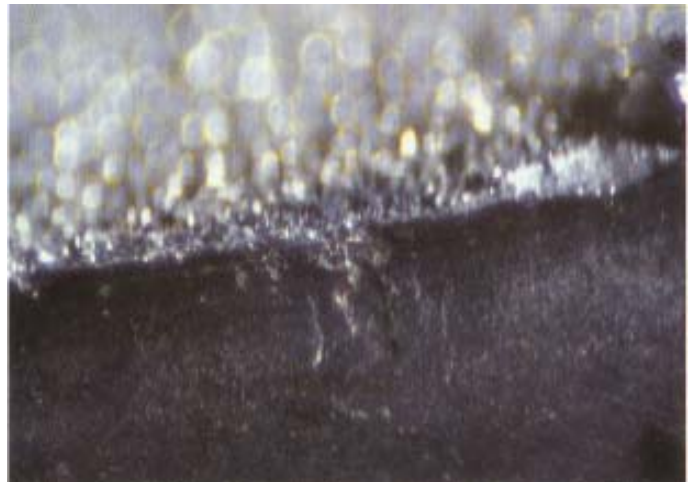
La mayoría de los bulones Caterpillar son tratados térmicamente cuidadosamente hasta un nivel de dureza controlado minuciosamente. Si el tratamiento térmico no es controlado adecuadamente, los bulones pueden ser demasiado duros, demasiado blandos, pueden tener fracturas por templado, etc.,



Si un bulón es demasiado duro, esta combinación puede combinarse con alta tensión y un ambiente corrosivo para formar una fractura por corrosión por tensión. La fractura sigue la estructura de granos del metal, formando una fractura con apariencia frágil. El bulón en la fotografía anterior falla debido a la fractura por corrosión por tensión.



Un acercamiento de la superficie de fractura revela chevrone que apuntan al punto de iniciación (parte inferior derecha).



Esta ampliación nos muestra las picaduras donde la corrosión por tensión ingreso a la raíz de la rosca.



Este bulón de vía también experimentó una fractura por corrosión por tensión.



Aquí observamos un tratamiento térmico inadecuado (enfriamiento demasiado rápido o de la forma incorrecta) que provocó una fractura por templeado en el filete por debajo de la cabeza de este bulón.



Este acercamiento revela una banda más angosta más oscura y cristalina alrededor de la circunferencia de la superficie de fractura. Esta banda es la fractura por templeado que produjo un concentrador de tensión provocando una fractura dúctil bajo el efecto de la carga.

PROBLEMAS DE ROSCADO

Se debe tener cuidado en el rodado o corte de las roscas del bulón para evitar cualquier condición que deje bordes filosos, fracturas, solapas y otros concentradores anormales de tensión en las roscas y particularmente en las raíces de las roscas.



Este bulón fallo debido a una pre fractura en la raíz de la rosca. Las señales son la fractura por fatiga en la fotografía de la izquierda y las fracturas que se observan en las raíces de las roscas en la fotografía de la derecha.



Las tuercas y orificios roscados casi nunca son la causa de raíz de una falla. Si las roscas son desmontadas, por lo general es debido al uso de sujetadores de un grado bajo inadecuado, un enganche insuficiente de las roscas, un roscado transversal durante la instalación, suciedad en las roscas o un error en el tratamiento térmico. Las roscas en la fotografía anterior se desmontaron debido al aflojamiento de la tuerca lo que provoco un enganche insuficiente de las roscas. Ahora necesitaremos determinar porque la tuerca estaba floja. Las posibles causas de raíz pueden incluir deficiencia o exceso de torque, desechos entre las superficies de partición, una sobrecarga cíclica de la junta, etc.

CONCLUSION DEL ANALISIS

Identifique las causas de la falla



Piense- hechos
Pregunta de Doble Control
Obtenga la información ambiental

- Calor
- Carga
- Aplicación, Operación y Mantenimiento

Cada análisis de fallas debería ser perseguido hasta que se identifique la causa de raíz más probable. Esto se realiza siguiendo un procedimiento de análisis ordenado, tal como los Ocho Pasos para el Análisis de Fallas Aplicado, pensando de acuerdo a los hechos, y utilizando la pregunta de “doble control” ¿Hay alguna forma posible que otro factor pueda haber causado la falla? Durante el análisis también necesitamos investigar las condiciones ambientales como calor, carga, aplicación, operación y mantenimiento, que con frecuencia son responsables de la causa de raíz.

Obtenga la Recompensa



Comuníquese

Realice reparaciones profesionales

Realice un seguimiento

El trabajo no termina una vez que hemos identificado la causa de raíz de la fallas. Ahora necesitamos obtener la recompensa al comunicarle nuestros descubrimientos a la parte responsable de la falla, realizando reparaciones profesionales y oportunas, y realizando un seguimiento para asegurarnos que los problemas a corto y largo plazo del cliente sean resueltos.

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	Título
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