

Universidad de **Cádiz**

Proyectos fin de carrera de Ingeniería Técnica Industrial : Mecánica

Centro: ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR DE ALGECIRAS

Titulación: INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL EN MECÁNICA

Título: Aplicación de la Metodología
R.C.M. a un motor diesel para la
selección del plan de mantenimiento

Autor: BARRERA AZOR, Daniel

Fecha: Abril 2009



**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE
ALGECIRAS**

**APLICACIÓN DE LA
METODOLOGÍA R.C.M. A UN
MOTOR DIESEL PARA LA
SELECCIÓN DEL PLAN DE
MANTENIMIENTO**

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial, esp. Mecánica

Alumno: Daniel Barrera Azor

Abril, 2.009

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Objeto del proyecto	4
1.2. Alcance del proyecto	4
1.3. Objetivos del proyecto.....	5
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES	6
CAPÍTULO 3. EL R.C.M.	15
3.1. El registro de planta.....	17
3.2. ¿Cuáles son las funciones?	17
3.3. ¿De qué forma puede fallar?	20
3.4. ¿Qué causa que falle?	21
3.5. ¿Qué sucede cuando falla?	22
3.6. ¿Qué ocurre si falla?.....	22
3.7. ¿Qué se puede hacer para prevenir el fallo?.....	25
3.8. ¿Qué sucede si no puede prevenirse el fallo?.....	27
3.9. El personal implicado.....	29
3.10. Los beneficios proporcionados por el R.C.M.....	30
CAPÍTULO 4. RESULTADOS DEL MÉTODO A.M.F.E. APLICADO AL MOTOR DIESEL	31
CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DEL MÉTODO R.C.M. AL MOTOR DIESEL...	34
5.1. Contexto operacional.....	35
5.1.1. Tipo de trabajo.....	35
5.1.2. Características del motor	35
5.2. Aplicación del método R.C.M.....	38

CAPÍTULO 6. RESULTADOS	40
6.1. Resultados del método R.C.M.....	41
6.2. Plan de mantenimiento	43
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXO 1. HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.	57
ANEXO 2. DIAGRAMA DE DECISIÓN R.C.M.	59
ANEXO 3. HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M.....	61
ANEXO 4. HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M. APLICADA AL MOTOR DIESEL.....	63
ANEXO 5. HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M. APLICADA AL MOTOR DIESEL	81

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto del proyecto

En este proyecto se aplicará la metodología R.C.M. (Reliability Centered Maintenance o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), para establecer el plan de mantenimiento más adecuado para los motores de una flota de autobuses dedicada al transporte urbano en una ciudad española.

Para ello nos basaremos en un proyecto anterior llamado: “Mantenimiento de Motores Diesel: Selección del Plan de Mantenimiento Mediante la Metodología A.M.F.E.”. La metodología A.M.F.E. (Análisis de Modos de Fallos y Efectos) es una de las herramientas básicas utilizada en el R.C.M. para analizar los fallos. El R.C.M. permite la búsqueda de acciones preventivas para evitarlos.

La aportación específica del R.C.M. es, por tanto, una lógica para seleccionar, a continuación, la táctica de mantenimiento más adecuada.

Por tanto, partiendo de los resultados obtenidos en el A.M.F.E. del proyecto citado antes, aplicaremos la lógica R.C.M. a cada uno de los órganos analizados.

1.2. Alcance del proyecto

El proyecto constará de las siguientes partes:

- Un repaso a través de la historia del R.C.M. para una mejor comprensión de su evolución y de su importancia en la actualidad.
- Explicación de la metodología R.C.M., de sus partes y de su forma de aplicación.
- Aplicación del método al motor diesel para la selección del plan de mantenimiento adecuado.
- Comparación de los resultados obtenidos con ambos sistemas.

1.3. Objetivos del proyecto

Con lo descrito anteriormente se pretende conseguir:

- Mejora del conocimiento de los motores diesel.
- Conocimiento y aplicación del método R.C.M. y de sus posibles usos para otros sistemas.
- Elección del plan de mantenimiento más adecuado para el caso escogido.
- Hacer un análisis comparativo de los resultados obtenidos con uno y otro proyecto.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

Actualmente es ampliamente aceptado que la aviación comercial es la forma más segura para viajar. Hoy día, las aerolíneas comerciales sufren menos de dos accidentes por millón de despegues.

Pero a finales de los años 50, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por millón de despegues. Si actualmente se estuviera presentando la misma tasa de accidentes, se estarían oyendo sobre dos accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo (involucrando aviones de 100 pasajeros o más). Dos tercios de los accidentes ocurridos a finales de los 50 eran causados por fallos en los equipos. Esta alta tasa de accidentalidad, conectada con el auge de los viajes aéreos, significaba que la industria tenía que empezar a hacer algo para mejorar la seguridad. El hecho de que una tasa tan alta de accidentes fuera causada por fallos en los equipos significaba que, al menos inicialmente, el principal enfoque tenía que hacerse en la seguridad de los equipos.

En esos días, “mantenimiento” significaba una cosa: reparaciones periódicas. Todos esperaban que los motores y otras partes importantes se gastaran después de cierto tiempo. Esto los condujo a creer que las reparaciones periódicas prevendrían los fallos. Cuando la idea parecía no estar funcionando, cada uno asumía que se estaban realizando las reparaciones demasiado tarde, después de que el desgaste ya se había iniciado. Naturalmente, el esfuerzo inicial era para acortar el tiempo entre reparaciones. Cuando hacían las reparaciones, los gerentes de mantenimiento de las aerolíneas hallaban que en la mayoría de los casos, los porcentajes de fallo no se reducían y que incluso, a veces, se incrementaban.

La historia de la transformación del mantenimiento en la aviación comercial desde un cúmulo de supuestos y tradiciones hasta llegar a un proceso analítico y sistemático que hizo de la aviación comercial “La forma más segura para viajar” es la historia del R.C.M.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

El R.C.M. (Reliability Centered Maintenance) es uno de los procesos desarrollados durante las décadas de los 60 y 70 en varias industrias con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las mejores políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y para manejar las consecuencias de sus fallos. De estos procesos, el R.C.M. es el más directo.

El R.C.M. tiene su nacimiento a principios de los 60. Su desarrollo inicial fue hecho por la industria de aviación civil norteamericana. Por esa época se empezó a considerar que las filosofías de mantenimiento que estaban utilizando eran demasiado caras además de peligrosas. Estas ideas llevaron a las empresas a formar unos grupos llamados “Maintenance Steering Groups” (Grupos de Dirección de Mantenimiento) para reexaminar todo lo que se estaba haciendo para el mantenimiento de sus flotas de aviones. Estos grupos estaban formados por representantes de los fabricantes de aviones, de las aerolíneas y de la F.A.A. (Administración Federal de Aviación).

El primer intento de un proceso para elaborar estrategias de mantenimiento fue publicado por la Asociación de Transporte Aéreo en Washington en 1968. Este intento fue conocido como M.S.G. 1 (de las siglas de Maintenance Steering Groups). Posteriormente se publicó una revisión en 1970 conocida como M.S.G. 2.

A mediados de los 70 el Departamento de Defensa de los Estados Unidos quiso saber más sobre el estado del mantenimiento en la aviación así que encargaron un informe sobre el tema a la industria de la aviación. Este informe fue escrito por Stanley Nowlan y Howard Heap de United Airlines. Le dieron el título de “Reliability Centered Maintenance” (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad). El informe fue publicado en 1978 y todavía es uno de los documentos más importantes en la materia. Está disponible en el Servicio de Información Técnica del Gobierno Nacional de los Estados Unidos, en Springfield, Virginia.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

El informe de Nowlan y Heap representó un avance importante respecto al M.S.G. 2. Fue usado como base para el M.S.G. 3, que fue publicado en 1980. El M.S.G. 3 ha sido revisado desde entonces 4 veces, la última de ellas en 2002. Ha sido usado para el desarrollo de programas de mantenimiento antes de la puesta en marcha de aviones como el Boeing 777 o el Airbus 330/340.

Hoy día el R.C.M. está definido por el estándar S.A.E. JA1011 - Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Este estándar da los criterios mínimos para definir lo que puede ser definido como R.C.M. Antes del desarrollo de este estándar muchos procesos fueron etiquetados como R.C.M. aunque no eran fieles a sus principios. Ahora las compañías pueden utilizar este estándar para asegurarse que los procesos, servicios y software que adquieran estén conformes con lo que se define como R.C.M., asegurando la posibilidad de lograr los múltiples beneficios que se atribuyen a este método.

Tal como se mencionó anteriormente en 1978 la aviación comercial en Estados Unidos publicó un estudio de patrones de fallos en los componentes de aviones cambiando todas las costumbres que hasta el momento se tenían sobre el mantenimiento.

El punto de vista acerca de los fallos, en un principio, era simplemente que cuando los elementos físicos envejecen tenían más posibilidades de fallar, mientras que un conocimiento creciente acerca del desgaste por el uso llevó a la creencia general en la “curva de la bañera”. Sin embargo se revela que en la práctica actual no sólo ocurre un modelo de fallo sino seis diferentes.

Sin embargo, los equipos en general son mucho más complicados de lo que eran hace algunos años. Esto ha llevado a cambios sorprendentes en los modelos de los fallos de los equipos, como se muestra en la Figura 1. El gráfico muestra la probabilidad condicional de fallo contra la vida útil para una gran variedad de elementos eléctricos y mecánicos.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

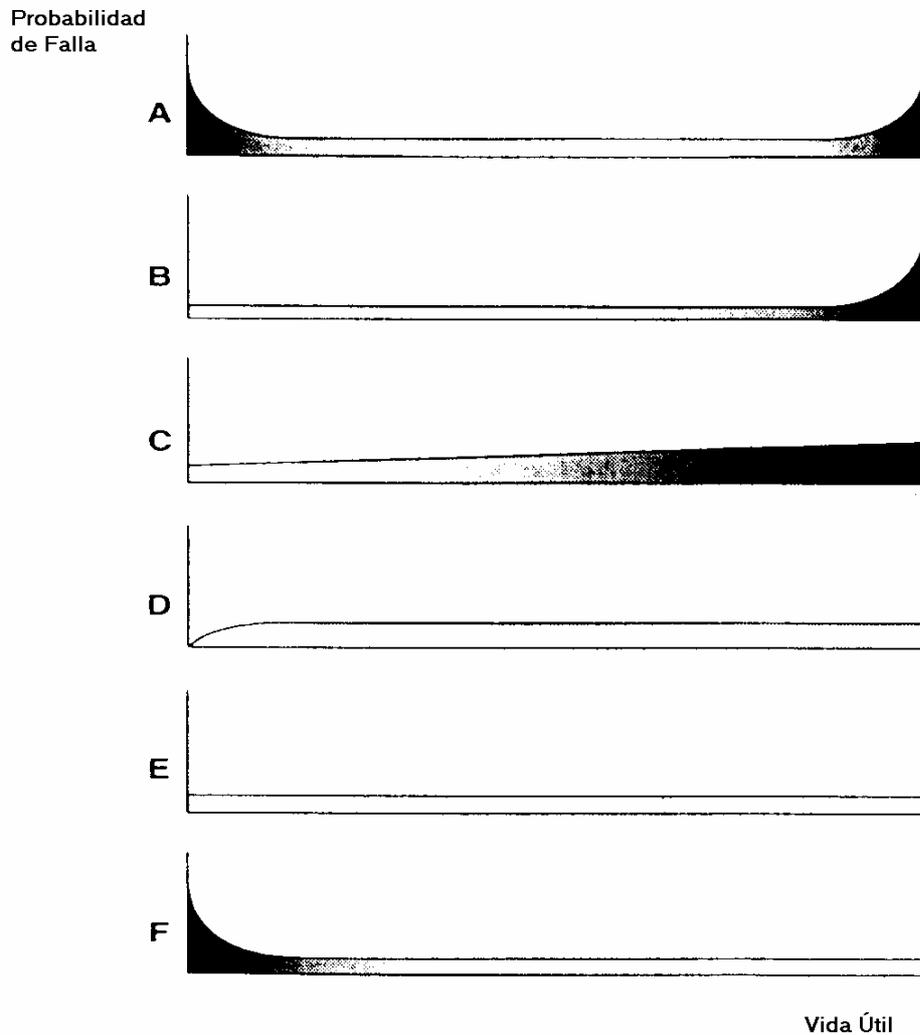


Figura 1. Curvas Vida Útil-Probabilidad de Fallo

El modelo A es la conocida “curva de la bañera”. Comienza con una incidencia de fallo alta (conocida como mortalidad infantil o desgaste de funcionamiento) seguida por una frecuencia de fallo que aumenta gradualmente o que es constante, y luego por una zona de desgaste. El modelo B muestra una probabilidad de fallo constante o ligeramente ascendente, y termina en una zona de desgaste.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

El modelo C muestra una probabilidad de fallo ligeramente ascendente, pero no hay una edad de desgaste definida que sea identificable. El modelo D muestra una probabilidad de fallo bajo cuando el componente es nuevo o se acaba de comprar, luego un aumento rápido a un nivel constante, mientras que el modelo E muestra una probabilidad constante de fallo en todas las edades (fallo aleatorio). Finalmente, el modelo F comienza con una mortalidad infantil muy alta, que desciende finalmente a una probabilidad de fallo que aumenta muy despacio o que es constante.

Por ejemplo, los estudios hechos en la aviación civil mostraron que el 4 % de las piezas está de acuerdo con el modelo A, el 2 % con el B, el 5 % con el C, el 7 % con el D, el 14 % con el E y no menos del 68 % con el modelo F.

En general, los modelos de los fallos dependen de la complejidad de los elementos. Cuanto más complejos sean, es más fácil que estén de acuerdo con los modelos E y F. El número de veces que ocurren estos modelos en la aviación no es necesariamente el mismo que en la industria, pero no hay duda de que cuanto más complicados sean los equipos más veces se encontrarán los modelos de fallo E y F.

No todos los fallos son iguales, ni sus consecuencias y efectos en el resto del sistema, planta y entorno operativo en el cual ocurren. Las investigaciones sobre los modos de fallo revelan que la mayoría de los fallos de los sistemas complejos formados por componentes mecánicos, eléctricos e hidráulicos fallarán en alguna forma fortuita y no son predecibles con algún grado de confianza.

Estos hallazgos contradicen la creencia de que siempre hay una conexión entre la confiabilidad y la edad operacional. Fue esta creencia la que llevó a la idea de que cuanto más a menudo se revisaba una pieza, menos era la probabilidad de fallo. Hoy en día, esto es raramente la verdad. A no ser que haya un modo de fallo dominante, los límites de edad no hacen nada o muy poco para mejorar la confiabilidad de un equipo complejo. De hecho las revisiones programadas pueden aumentar las

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

frecuencias de los fallos en general por medio de la introducción de la mortalidad infantil dentro de sistemas que de otra forma serían estables.

Como en los últimos años el mantenimiento ha recibido brillantes aportes provenientes del campo de la estadística y de la teoría de la confiabilidad, el mantenimiento de aeronaves ha sido el motor que ha activado los mejores planteamientos dentro del mantenimiento.

Estas teorías también se han ampliado con estudios efectuados en grandes flotas de transporte urbano, pero no se pueden aplicar a la totalidad de una fábrica u otra empresa, debido a la falta de homogeneidad en los equipos instalados, a las grandes diferencias entre fábricas y a la carencia de organismos que regulen, que coordinen y que tengan autoridad en lo que respecta a la práctica del mantenimiento. No es que las bases teóricas globales estén vedadas a las fábricas y otras empresas, pero a la vista de la situación general y a la necesidad de atender prioritariamente los problemas inmediatos y de medio plazo, la experiencia es el mejor camino.

Ante esta situación, puede ser de primera necesidad el conseguir y seguir un método que pretenda únicamente unificar criterios dentro de una misma organización. Criterios que, como primer caso, se basen en la lógica y el conocimiento de los equipos y de sus misiones. Son los mismos parámetros que se aplican a diario, pero sistematizados para obtener una mayor uniformidad. El plan así diseñado, puede ser un buen punto de partida para que posteriormente sea afinado y retocado con aportaciones de mayor nivel.

Algunos diccionarios definen mantener como la causa para continuar o para mantener en un estado existente. Ambas definiciones ponen de manifiesto que el mantenimiento significa la preservación de algo.

Pero cuando se tiene que tomar la decisión de mantener algo, ¿qué es lo que se desea causar que continúe? ¿Cuál es el estado existente que se desea preservar?

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

La respuesta a estas preguntas puede encontrarse en el hecho de que todo elemento físico se pone en servicio para cumplir una función o funciones específicas. Por lo tanto, cuando se mantiene un equipo, el estado en que se desea preservarlo debe ser aquel en el que se desea que continúe para cumplir la función determinada.

Mantenimiento: Asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas.

Claramente, para que esto sea posible, los equipos deben ser capaces de cumplir esas funciones previstas.

Esto es porque el mantenimiento, el proceso de “causar que continúe”, solamente puede entregar la capacidad incorporada (confiabilidad inherente) de cualquier elemento. No puede aumentarla. En otras palabras, si cualquier tipo de equipo es incapaz de realizar el funcionamiento deseado en principio, el mantenimiento por sí solo no puede realizarlo. En tales casos, debemos modificar los elementos de forma que pueda realizar el funcionamiento deseado, o por el contrario reducir nuestras expectativas.

R.C.M. se llama Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad porque reconoce que el mantenimiento no puede hacer más que asegurar que los elementos físicos continúen consiguiendo su capacidad incorporada o confiabilidad inherente.

No se puede lograr mayor confiabilidad de los activos y sistemas que la brindada por sus diseñadores. Cada combinación de componentes es única y los fallos en un componente pueden conducir a fallos en otros componentes. Cada sistema opera en un ambiente único consistente de ubicación, altitud, profundidad, atmósfera, presión, temperatura, humedad, salinidad, exposición a procesar fluidos o productos, velocidad, aceleración, entre otros.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

La función determinada de cualquier equipo puede definirse de muchas formas dependiendo exactamente de dónde y cómo se esté usando (contexto operacional).

Como resultado de esto, cualquier intento de formular o revisar las políticas de mantenimiento deberían comenzar con las funciones y los estándares de funcionamiento asociados a cada elemento en su contexto operacional presente. Esto lleva a la siguiente definición formal de R.C.M.:

Reliability Centered Maintenance: Es un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional.

CAPÍTULO 3

EL R.C.M.

CAPÍTULO 3. EL R.C.M.

Una definición más amplia que la dada en el capítulo anterior de R.C.M. podría ser: “un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente”.

El R.C.M. se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente, se necesita saber qué tipo de elementos físicos existen en la empresa, y decidir cuáles son los que deben estar sujetos al proceso de revisión del R.C.M. En la mayoría de los casos, esto significa que se debe realizar un registro de equipos completo si no existe ya uno.

Más adelante, R.C.M. hace una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados:

- ¿Cuáles son las funciones?
- ¿De qué forma puede fallar?
- ¿Qué causa que falle?
- ¿Qué sucede cuando falla?
- ¿Qué ocurre si falla?
- ¿Qué se puede hacer para prevenir el fallo?
- ¿Qué sucede si no puede prevenirse el fallo?

Para la resolución de estas preguntas el R.C.M. requiere de la formación de Grupos de Revisión. Estos grupos estarán integrados por representantes de las distintas ramas que trabajan con el sistema al que se va a someter a R.C.M., como puede ser personal de producción, personal operativo y por supuesto personal de mantenimiento.

3.1. El registro de planta

Como se dijo antes, la gran cantidad y variedad de elementos que un departamento de mantenimiento puede tener a su cargo dificulta la selección del tipo de mantenimiento para cada uno. A la hora de empezar con el R.C.M. lo primero que hay que hacer es desarrollar una lista de todos los elementos con un sistema lógico de numeración. Esta lista constituye también los cimientos de los sistemas de información de gestión utilizados para evaluar el rendimiento de los elementos y los costes de mantenimiento. Esta lista es el llamado Registro de Planta. Abarcará todos los equipos y edificios de la planta que estén mantenidos por el departamento de mantenimiento.

Como base para el registro de planta se suelen usar el registro de bienes de equipo, cuyo responsable es el departamento de contabilidad, y la lista de planta utilizada por los contratistas cuando se construyó la planta. En la mayoría de los casos estas listas deben ser revisadas con cuidado, ya que incluyen elementos que no pertenecen al mantenimiento, su sistema de numeración no es el adecuado para nuestros objetivos, no suelen estar actualizadas y han sido elaboradas por personas que no tenían en mente el mantenimiento. Por todo esto, lo ideal es que el departamento de mantenimiento elabore su propio registro corrigiendo y modificando los anteriores, de manera que se obtendrá un registro pensado para nuestros intereses.

Por último, este registro debe mantenerse al día, comunicando siempre al departamento de planificación todas las nuevas instalaciones, los movimientos de maquinaria, las modificaciones y las sustituciones que se realicen.

3.2. ¿Cuáles son las funciones?

El primer paso del R.C.M. es identificar las funciones de los elementos del sistema. Se explicaba anteriormente que cuando mantenemos un equipo, el estado que deseamos conservar es aquel en que continúe desempeñando las funciones deseadas.

CAPÍTULO 3. EL R.C.M.

Por ello, para determinar los requisitos de mantenimiento de un sistema, lo primero es comprender claramente cuales son sus funciones y así poder registrarlas de manera correcta en el R.C.M.

Las funciones se pueden dividir en cuatro categorías:

- **Funciones Primarias:** Las funciones primarias de un elemento son las razones por las que existe. A menudo se identifica la función primaria de un elemento por el nombre del mismo. Por ejemplo, la función primaria de un filtro es filtrar algo.
- **Funciones Secundarias:** Suelen ser menos obvias que las funciones primarias, pero su fallo puede traer graves consecuencias, a veces más graves que las del fallo de una función primaria. Por ejemplo, la función principal del freno de un coche es pararlo, pero una función secundaria del freno sería la capacidad modulada de parar el coche. Entre las funciones secundarias más típicas está la contención, el soporte, aspecto, etc. En general, cuanto más complejo sea un elemento más funciones tendrá.
- **Dispositivos de Seguridad:** Para intentar eliminar o reducir las consecuencias de los fallos se recurre al uso de los dispositivos de seguridad automáticos. A veces su función es evidente (dispositivos dotados de seguridad inherente) y a veces oculta. La presencia de un dispositivo de seguridad suele significar que los requisitos de mantenimiento de la función protegida son menos exigentes de lo que serían en su ausencia. Pero, por esto mismo, a menudo los dispositivos de seguridad necesitan más atención de mantenimiento que los mecanismos que protegen. Funcionan de cinco maneras:
 - Llamando la atención del operador de que existe un estado anormal.
 - Parando el equipo en caso de avería.

CAPÍTULO 3. EL R.C.M.

- Eliminando o reduciendo las condiciones anormales que siguen a una avería y que de otra manera podrían provocar daños mucho mayores.
 - Sustituyendo la función que ha fallado.
 - Previniendo que surjan situaciones peligrosas desde el principio.
-
- **Funciones Superfluas:** A veces se encuentran elementos o componentes que son totalmente superfluos. Esto puede ser debido a modificaciones del equipo a lo largo del tiempo. Se supone que como estos elementos no hace ningún daño y cuesta dinero desmontarlos es mejor dejarlos ahí, pero esto no es así, ya que pueden fallar y mermar la fiabilidad global del sistema. Por tanto, hay que gastar dinero y tiempo manteniéndolos y ejercen una influencia negativa.

Como se dijo en la definición de mantenimiento se pretende conseguir que el elemento siga desempeñando la función deseada. Pero hay que tener cuidado al estudiar y registrar las funciones en el R.C.M. porque cada una tiene asociada dos criterios de funcionamiento. El primero es la prestación deseada, lo que queremos que el elemento haga. El segundo es la fiabilidad inherente, lo que es capaz de conseguir y que viene determinada por su diseño y su fabricación. El R.C.M. reconoce que ningún mantenimiento puede dar una fiabilidad superior a la inherente a su diseño. En el R.C.M. se debe registrar la prestación deseada, ya que si la fiabilidad inherente del elemento es menor que la prestación deseada el propio R.C.M. se encargará de indicarlo.

También hay que tener en cuenta el contexto operacional de los elementos a la hora de estudiar las funciones. Máquinas idénticas pueden tener funciones primarias diferentes trabajando en distintos contextos. E incluso máquinas con la misma función principal pueden tener criterios de funcionamiento distintos debido al contexto. Por ejemplo dos fresadoras cuya función se fresar, pero una frese materiales diferentes de la otra.

CAPÍTULO 3. EL R.C.M.

Una vez tenido en cuenta todo lo anterior se pasará a registrar las funciones necesarias en la primera columna, llamada Función, de una Hoja de Trabajo de Información R.C.M. como la del Anexo 1.

3.3. ¿De qué forma puede fallar?

Una vez que las funciones y los criterios de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar cómo puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones. Esto lleva al concepto de un fallo funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

Al igual que las funciones, los fallos también dependen del contexto operacional. El estado de un elemento puede no considerarse como fallo en una situación dada pero si en otra. Por ejemplo, una pequeña fuga de aceite de un coche puede no dar problemas en un viaje corto pero podría consumir todo el aceite en un viaje largo.

A la hora de definir los fallos hay que tener muy claramente definidos los criterios de funcionamiento, ya que los fallos se pueden considerar desde varios puntos de vista. El personal de mantenimiento puede considerar como fallo algo que el personal de productividad no lo considere y viceversa. Por eso es necesario que los criterios dentro del contexto operacional estén claros para que todo el mundo actúe en función a ellos.

Igual que se explicó anteriormente que un elemento puede tener múltiples funciones también una función puede tener múltiples fallos. En el R.C.M. deben registrarse todos los fallos funcionales asociados con cada función.

Este registro se hará en la segunda columna, llamada Fallo Funcional, de la Hoja de Trabajo de Información R.C.M.

3.4. ¿Qué causa que falle?

Las maneras en que puede producirse un fallo se llaman Modos de Fallo. El paso siguiente en el R.C.M. sería tratar de identificar los modos de fallo que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente qué es lo que puede que se esté tratando de prevenir.

De la enorme lista de modos de fallo posibles de una función sólo deben registrarse aquellos que tengan posibilidades de ocurrir. Estos suelen estar entre los modos que ya se hayan producido antes en el mismo equipo, modos que ya sean objeto de mantenimiento cíclico preventivo y que se producirían de no tenerlo y modos que, aunque no se han producido, se consideran posibles. De todas maneras la decisión de incluir o no un modo de fallo debe tomarse con mucho cuidado ya que, por ejemplo, un modo de fallo puede no ser demasiado probable, pero sus consecuencias tan graves que habría que tenerlo en cuenta.

Como en las funciones y los fallos, los modos de fallo también dependen de manera importante del contexto operacional del elemento.

Para obtener información acerca de los modos de fallos se deben consultar las siguientes fuentes: operarios, especialistas y encargados que trabajen con la maquinaria; el fabricante o vendedor de la misma; otros usuarios de la misma maquinaria y los antecedentes técnicos y bancos de datos sobre la máquina.

Cuando se está realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada fallo. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de fallo debe ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar que no se malgaste demasiado tiempo en el análisis del fallo en si mismo.

Los modos de fallo que producen cada fallo funcional están enumerados en la tercera columna, llamada Modo de Fallo, en la Hoja de Trabajo de Información R.C.M.

3.5. ¿Qué sucede cuando falla?

Cuando se identifica cada modo de fallo, los efectos de los fallos también deben registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si ocurrieran). Este paso permite decidir la importancia de cada fallo, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario.

Al describir los efectos de los fallos no se debe prejuzgar la evaluación de las consecuencias del fallo. Simplemente hay que indicar lo que sucede y dejar la evaluación de las consecuencias hasta la etapa siguiente del proceso R.C.M.

Los efectos de los fallos se registran en la cuarta columna, llamada Efecto de los Fallos, de la Hoja de Trabajo de Información R.C.M., al lado del modo de fallo correspondiente.

El proceso de contestar sólo a las cuatro primeras preguntas produce oportunidades sorprendentes y a menudo muy importantes de mejorar el funcionamiento y la seguridad, y también de eliminar errores. También mejora enormemente los niveles generales de comprensión acerca del funcionamiento de los equipos.

3.6. ¿Qué ocurre si falla?

Una vez que se hayan determinado las funciones, los fallos funcionales, los modos de fallo y los efectos de los mismos en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso del R.C.M. es preguntar cómo y cuánto importa cada fallo. La razón de esto es porque las consecuencias de cada fallo dicen si se necesita tratar de prevenirlos. Si la respuesta es positiva, también sugieren con qué esfuerzo debemos tratar de encontrar los fallos.

CAPÍTULO 3. EL R.C.M.

Merecerá la pena realizar una tarea preventiva si resuelve adecuadamente las consecuencias del fallo que se pretende evitar. Si resulta imposible prevenir los fallos, la naturaleza de las consecuencias de los mismos también indicarán cuál es la acción “a falta de” que haya de tomarse.

R.C.M. clasifica las consecuencias de los fallos en cuatro grupos:

- Consecuencias de los fallos ocultos: Los fallos ocultos no ejercen ningún efecto directo, pero sí exponen a la planta a otros fallos cuyas consecuencias serían más graves (fallo múltiple), a menudo catastróficas. Suelen estar asociados con dispositivos de seguridad que carecen de seguridad inherente en caso de fallo y pueden ser el motivo de hasta la mitad de los modos de fallo de los equipos complejos modernos. Un punto fuerte del R.C.M. es la forma en que trata los fallos que no son evidentes, primero, reconociéndolos como tales, en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento. Para los fallos ocultos, solo merece la pena realizar una tarea preventiva si garantiza la disponibilidad precisa para reducir a un nivel admisible la probabilidad del fallo múltiple.
- Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente: Una fallo tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente. R.C.M. considera las repercusiones que cada fallo tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción. Para los modos de fallo que traen consecuencias para la seguridad o el medio ambiente, una tarea preventiva sólo es eficaz si reduce a un nivel aceptable el riesgo de fallo.

CAPÍTULO 3. EL R.C.M.

- Consecuencias operacionales: Un fallo tiene consecuencias operacionales si afecta a la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuanto se necesita gastar en tratar de prevenirlas. Para los modos de fallo con consecuencias operacionales, una tarea preventiva es eficaz si, a través de un período de tiempo, cuesta menos que el coste de las consecuencias operacionales más el coste de reparar los fallos que tiene como misión evitar.
- Consecuencias no operacionales: Los fallos evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación. Para los modos de fallo con consecuencias no operacionales, merece la pena realizar una tarea preventiva si, a través de un período de tiempo, cuesta menos que el coste de reparar los fallos que tiene como misión evitar.

Si un fallo tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio.

Por eso en este punto del proceso del R.C.M., es necesario preguntar si cada fallo tiene consecuencias significativas. Si no es así, la decisión normal a falta de ellas es un mantenimiento que no sea sistemático. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas (si las hubiera) se deben de realizar. Sin embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo del fallo y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

Para la clasificación de las consecuencias de los fallos el R.C.M. utiliza un Diagrama de Decisión como el que se muestra en el Anexo 2. En este diagrama el R.C.M.

comienza por distinguir entre fallos ocultos y evidentes, y luego coloca en orden descendente de importancia los fallos evidentes. Las respuestas que se recogen de este diagrama se registran en una tabla, llamada Tabla de Trabajo de Decisión R.C.M., como la del Anexo 3 para tener clasificadas de forma clara y precisa las tareas a aplicar para cada fallo.

3.7. ¿Qué se puede hacer para prevenir el fallo?

La mayoría de la gente cree que el mejor modo de mejorar al máximo la disponibilidad del sistema es hacer algún tipo de mantenimiento de forma rutinaria. El conocimiento de la Segunda Generación del mantenimiento sugiere que esta acción preventiva debe consistir en una reparación del equipo o cambio de componentes a intervalos fijos.

Supone que la mayoría de los elementos funcionan con precisión para un periodo y luego se deterioran rápidamente. El pensamiento tradicional sugiere que un histórico extenso acerca de los fallos anteriores permitirá determinar la duración de los elementos, de forma que se podrían hacer planes para llevar a cabo una acción preventiva un poco antes de que fueran a fallar.

Esto es verdad todavía para cierto tipo de equipos sencillos, y para algunos elementos complejos con modos de fallo dominantes. En particular, las características de desgaste se encuentran a menudo donde los equipos entran en contacto directo con el producto.

El reconocimiento de estos hechos ha persuadido a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea del mantenimiento sistemático. De hecho, esto puede ser lo mejor que hacer para fallos que tengan consecuencias sin importancia. Pero cuando las consecuencias son significativas, se debe de hacer algo para prevenir los fallos, o por lo menos reducir las consecuencias.

CAPÍTULO 3. EL R.C.M.

R.C.M. reconoce cada una de las tres categorías más importantes de tareas preventivas, como siguen:

- Tareas de reacondicionamiento cíclico: En estas tareas los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas independientemente de su estado en ese momento. La frecuencia de una tarea de reacondicionamiento cíclico está determinada por la edad a que el elemento o pieza componente exhibe un incremento rápido de la probabilidad de fallo condicional. Las tareas de reacondicionamiento cíclico son técnicamente factibles si hay una edad a partir de la cual se produce un rápido incremento de la probabilidad condicional de los fallos; si la mayoría de los elementos sobreviven a esta edad (a menos que los fallos tengan consecuencias para la seguridad o el entorno, en cuyo caso, todos los elementos deben superar esta edad); y si es posible conseguir devolver al elemento a su estado inicial realizando la tarea. A pesar de todo esto, que una tarea de reacondicionamiento cíclico sea factible no quiere decir que merezca la pena hacerla ya que puede haber otras tareas más eficaces. Por tanto hay que estudiar detenidamente la selección de tareas.
- Tareas de sustitución cíclica: Las tareas de sustitución cíclicas consisten en reemplazar un equipo o sus componentes a frecuencias determinadas independientemente de su estado en ese momento. La frecuencia de una tarea de sustitución cíclica está gobernada por la “vida” de los elementos (en otras palabras, la edad para la cual hay un rápido incremento en la probabilidad de fallo). Las tareas de sustitución cíclica serán técnicamente factibles si hay una edad a partir de la cual se produce un rápido incremento de la probabilidad condicional de los fallos y si la mayoría de los elementos sobreviven a esta edad (a menos que los fallos tengan consecuencias para la seguridad o el entorno, en cuyo caso, todos los elementos deben superar esta edad). No es necesario preguntar si la tarea restituirá el estado inicial porque se sustituye el elemento por uno nuevo.

- Tareas “a condición” cíclicas: El mantenimiento “a condición” está basado en el hecho de que un gran número de fallos no ocurren instantáneamente, sino que se desarrollan a través de un período de tiempo. Si se puede encontrar la evidencia de que el proceso de fallo ha comenzado (fallo potencial) se dispone de la posibilidad de tomar medidas para prevenir el fallo y/o evitar las consecuencias. Las tareas “a condición” son técnicamente factibles si hay una clara condición de fallo potencial (es decir, si hay una clara señal de que el fallo está ocurriendo o está próximo a ocurrir); si el intervalo entre el fallo potencial y el fallo funcional (intervalo P-F) es razonablemente consistente; si el intervalo P-F es suficientemente largo para realizar alguna acción; y si es práctico chequear el sistema a intervalos menores que el intervalo P-F.

Una gran ventaja del R.C.M. es el modo en que provee criterios simples, precisos y fáciles de comprender para decidir qué tarea sistemática es técnicamente posible en cualquier contexto, y si fuera así para decidir la frecuencia en que se hace y quien debe de hacerlo. Estos criterios forman la mayor parte de los programas de entrenamiento del R.C.M. El R.C.M. también ordena las tareas en un orden descendiente de prioridad. Esto se puede ver en el Diagrama de Decisión del Anexo 2. A pesar de este orden, si una tarea de menor prioridad es claramente más eficaz que otra aunque ambas sean factibles se escogerá la tarea más eficaz. Las tareas se registrarán en la columna Tareas Propuestas de la Hoja de Trabajo de Decisión R.C.M. del Anexo 3. Finalmente, si las tareas no son técnicamente factibles, entonces se debe tomar una acción apropiada, como se describe a continuación.

3.8. ¿Qué sucede si no puede prevenirse el fallo?

Además de preguntar si las tareas sistemáticas son técnicamente factibles, el R.C.M. se pregunta si vale la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccione a las consecuencias de los fallos que pretende prevenir. Si la respuesta es negativa el R.C.M. aconseja la realización de las tareas “a falta de”, que serían las tareas a emplear en última instancia para prevenir el fallo.

CAPÍTULO 3. EL R.C.M.

Al hacer esta pregunta, el R.C.M. combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

- Una acción que signifique prevenir el fallo de una función oculta sólo valdrá la pena hacerla si reduce el riesgo de un fallo múltiple asociado con esa función a un nivel bajo aceptable.

En el caso de modos de fallo ocultos que son comunes en materia de seguridad o sistemas protectores no puede ser posible monitorear en busca de deterioro porque el sistema está normalmente inactivo. Si el modo de fallo es fortuito puede no tener sentido el reemplazo de componentes con base en el tiempo porque se podría estar reemplazando con otro componente similar que falle inmediatamente después de ser instalado.

En estos casos la lógica R.C.M. pide explorar con pruebas para hallar el fallo funcional. Estas son pruebas que pueden causar que el dispositivo se active, demostrando la presencia o ausencia de una funcionalidad correcta.

Estas pruebas se conocen como tareas de búsqueda de fallos. Las tareas de búsqueda de fallos consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallos que reduzca el riesgo de fallo a un nivel bajo aceptable, entonces la acción “a falta de” secundaria sería que la pieza debe rediseñarse.

- Una acción que signifique el prevenir una falla que tiene consecuencias en la seguridad o el medio ambiente merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de ese fallo en si mismo a un nivel realmente bajo, o si lo suprime por completo. Si no se puede encontrar una tarea que reduzca el riesgo de fallo a un nivel

CAPÍTULO 3. EL R.C.M.

bajo aceptable, la decisión “a falta de” inicial será que el componente debe rediseñarse.

- Si el fallo tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar una tarea sistemática si el costo total de hacerla durante cierto tiempo es menor que el costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación durante el mismo periodo de tiempo. Si no es justificable, la decisión “a falta de” será el no mantenimiento sistemático. Si esto ocurre y las consecuencias operacionales no son aceptables todavía, entonces la decisión “a falta de” secundaria sería rediseñar de nuevo.
- Si el fallo tiene consecuencias no operacionales pero hay costos de mantenimiento, sólo vale la pena realizar una tarea sistemática si el costo total de hacerla durante cierto tiempo es menor que el costo de las consecuencias no operacionales y el costo de la reparación durante el mismo período de tiempo. Si no es justificable, la decisión “a falta de” será el no mantenimiento sistemático. Si esto ocurre y las consecuencias no son aceptables todavía, entonces la decisión “a falta de” secundaria sería rediseñar de nuevo.

Este paso queda reflejado en el Diagrama de Decisión del Anexo 2, y sus resultados recogidos en la Tabla de Trabajo de Decisión R.C.M. del Anexo 3.

3.9. El personal implicado

Como se dijo anteriormente para contestar a las siete preguntas del R.C.M. hace falta la implicación de varios grupos de profesionales. En la práctica el personal de mantenimiento no puede contestar por si mismo a todas las preguntas. Esto es porque muchas de las contestaciones las tiene que proporcionar el personal operativo o el de producción. Por eso es necesario que representantes de todos estos grupos,

junto con especialistas en el R.C.M., formen los llamados Grupos de Revisión para poder contestar a las siete preguntas.

3.10. Los beneficios proporcionados por el R.C.M.

El R.C.M. ha sido usado por una amplia variedad de industrias. Cuando se aplica correctamente puede producir los siguientes beneficios:

- Mayor seguridad y protección del entorno.
- Mejores rendimientos operativos.
- Mayor contención de los costes de mantenimiento.
- Más larga vida útil de los equipos debido al aumento del uso de las técnicas de mantenimiento “a condición”.
- Una amplia base de datos de mantenimiento.
- Mayor motivación de las personas en particular, especialmente del personal implicado en el proceso de revisión. Esto lleva a un conocimiento general de la planta en su contexto operacional mucho mejor, junto con un “reparto” más amplio de los problemas del mantenimiento y de sus soluciones.
- Mejor trabajo de grupo motivado por un planteamiento altamente estructurado del grupo a los análisis de los problemas del mantenimiento y a la toma de decisiones.

Lo importante del R.C.M. es que provee un marco de trabajo paso a paso efectivo para realizar todo estos beneficios a la vez y para hacer participar a todo el que tenga algo que ver con los equipos de los procesos.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS DEL MÉTODO A.M.F.E. APLICADO AL MOTOR DIESEL

CAPÍTULO 4. RESULTADOS DEL MÉTODO A.M.F.E. APLICADO AL MOTOR DIESEL

En este apartado vamos a reflejar, para una futura comparación, los resultados obtenidos en el proyecto “Mantenimiento de Motores Diesel: Selección del Plan de Mantenimiento mediante la Metodología A.M.F.E.”. De las recomendaciones obtenidas en el A.M.F.E. se sacaron las siguientes acciones de mantenimiento:

- Diariamente.
 - Comprobar el nivel de aceite lubricante.
 - Comprobar el nivel de líquido refrigerante.

- Cada parada.
 - Regular el ralentí.

- Cada 10.000 Km.
 - Limpiar el cartucho filtrante y la cubeta del filtro de aire.
 - Cambiar el aceite lubricante y el filtro del aceite.

- Cada 15.000 Km.
 - Revisar el filtro de combustible.

- Cada 30.000 Km.
 - Cambiar el filtro primario de combustible.

- Cada 50.000 Km.
 - Realizar reglaje de taqués.
 - Limpiar el filtro del sistema de escape.
 - Revisar el sistema de escape.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS DEL MÉTODO A.M.F.E. APLICADO AL MOTOR DIESEL

- Cada 100.000 Km.
 - Calibrar inyectores.
 - Revisar sistema de sobrealimentación.
 - Limpiar el radiador.
 - Revisar el sistema de refrigeración.
 - Cambiar refrigerante.
 - Revisar el sistema de lubricación.
 - Realizar reglaje de la bomba de combustible.

- Cada 150.000 Km.
 - Revisar el sistema de inyección.
 - Realizar reglaje de la bomba de inyección.

CAPÍTULO 5

APLICACIÓN DEL MÉTODO R.C.M. AL MOTOR DIESEL

CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DEL MÉTODO R.C.M. AL MOTOR DIESEL

5.1. Contexto operacional

Antes de proceder a la aplicación del método R.C.M. al motor diesel debemos definir el contexto en el que va a trabajar. Este contexto influirá en el tipo de mantenimiento al que se someterá el motor. Para que la comparación entre los dos métodos sea posible utilizaremos el mismo contexto operacional que se utilizó para aplicar el A.M.F.E. Los detalles del contexto son los siguientes:

5.1.1. Tipo de trabajo

Trataremos el caso de una flota de autobuses de una empresa de transporte urbano de personas en una ciudad de tamaño mediano. Es un caso frecuente aplicable a muchas ciudades. Nuestra empresa dispone de unos 100 autobuses. Las características del servicio son las siguientes:

- Seguridad: Debemos cumplir con las expectativas de la empresa, cumpliendo con las rutas sin que ocurran paros imprevistos.
- Tipo de trayecto: Son trayectos cortos de tipo urbano.
- Tiempo fuera de la base: El tiempo de servicio normal de cada autobús es de 10 a 12 horas. Después del servicio los autobuses vuelven todos los días al mismo garaje donde se encuentra el taller de mantenimiento.

5.1.2. Características del motor

Estos autobuses están equipados con un motor Cursor 10 de IVECO modelo E 0681 E que tiene las siguientes características:

- Motor diesel de 4 tiempos e inyección directa.
- Sobrealimentación por intercooler.

CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DEL MÉTODO R.C.M. AL MOTOR DIESEL

- Refrigeración por agua.
- 6 cilindros en línea de 125 mm de diámetro por 140 mm de carrera.
- 10.300 cc de cilindrada.
- Relación de compresión de 17:1.
- Sentido antihorario de giro del lado volante.
- Régimen de revoluciones máximo en vacío: 2.415 r.p.m.
- Régimen de revoluciones mínimo: 600 r.p.m.
- Potencia máxima: 390 CV (287 Kw) a 2.100 r.p.m.
- Par máximo: 1.700 Nm a 1.000 - 1.600 r.p.m.
- Consumo mínimo de combustible: 190 g/Kwh
- Consumo de aceite a máxima potencia: 0,15 g/Kwh
- Emisiones de gases de escape de acuerdo con la normativa Euro 2.
- Peso en seco con accesorios estándar: 932 Kg
- Capacidad del cárter de aceite: 25 l
- Tipo de aceite: ACEA E3
- Capacidad del circuito de refrigeración: 15 l
- Pendiente de trabajo (todas direcciones): 30 %
- El bastidor del motor está fabricado en fundición estabilizada con una distancia entre ejes de cilindros de 153 mm. Estructura con elevada capacidad de contención de emisiones sonora y sombreretes incorporados en la parte inferior.
- Las camisas son de tipo húmedo apoyadas en la parte superior con 3 anillos tóricos de sellado.
- La culata está fabricada en fundición estabilizada con 1,5 % de Níquel. Con 6 fijaciones y 4 válvulas por cilindro y conductos dobles cross-flow. Colector de admisión integrado y túnel para árbol de distribución con 7 soportes. La guarnición de las culatas está fabricada en acero multicapa.
- El árbol motor es de acero micro-aleado con uniones del muñón del cigüeñal y muñequilla templados por inducción. Equilibrado mediante contrapesos integrales. Volante amortiguador viscoestático para reducir las vibraciones de torsión.

CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DEL MÉTODO R.C.M. AL MOTOR DIESEL

- Las bielas son de acero moldeado micro-aleado y el centrado del sombrerete es mediante dentado.
- Los pistones están hechos de aleación de aluminio hipereutética con cámara de fundición en forma de omega, galería de refrigeración e inserción para el primer anillo en fundición. Cada pistón lleva tres anillos de los siguientes tipos: 1º Anillo trapecial cromado con arista inferior viva. 2º Anillo biselado nitrurado. 3º Segmento de engrase con doble asiento cromado.
- La distribución está en el lado volante del motor con mando mediante engranajes de acero cementados, rectificadas, desbarbados y pulidos con perfil helicoidal de alto contacto.
- El eje de levas consta de 7 soportes, cabeza de acero cementado profundo y 3 levas por cilindro, una para las válvulas de admisión, otra para las válvulas de escape y otra para la inyección.
- El mando de las válvulas es mediante balancines de fundición esferoidal con un árbol porta balancines único con 7 soportes.
- Cada cilindro lleva 4 válvulas, 2 para la admisión y 2 para el escape. Las de admisión son monometálicas y las de escape de aleación nimonic.
- La sobrealimentación se consigue mediante una turbina de geometría variable controlada electrónicamente.
- El circuito de refrigeración lleva una bomba centrífuga de agua con espiral integrada en el bastidor del motor y rotor cerrado. El mando es mediante correa poly-v y lleva un termostato mezclador de caja. La temperatura de trabajo varía entre los 85° y los 95°.
- El circuito de inyección está formado por una bomba inyectora Bosch PDE 31. El mando se realiza mediante la leva de inyección del eje de distribución. El control electrónico con centralita Bosch MS6 está situado en el lado de admisión del motor. Los inyectores son de tipo pulverizador con 8 orificios de 0,21 mm de diámetro e introducen el combustible a una presión máxima de 1.600 bares.
- El circuito de combustible lleva una bomba de alimentación con engranajes y un filtro individual del tipo easy change. La presión con la que circula el

combustible es de 5 bares. En la parte del circuito de baja presión la presión es de 3,5 bares.

- El arranque en frío se realiza mediante un calentador de aire eléctrico situado en la entrada de admisión de la culata.
- La lubricación es de tipo forzada mediante una bomba de aceite de engranajes accionada por el árbol del motor y situada en el compartimiento de distribución de la caja que cubre el volante. La válvula de control de ajuste automático de la presión de aceite está en el conducto principal. El filtro es un cartucho individual del tipo easy change en fibra situado en el cuerpo del intercambiador. El intercambiador de calor agua-aceite es de tubos planos. Lleva una válvula termostática para by-pass para mejorar el warm-up del aceite en frío.
- El cárter de aceite es de chapa suspendida elásticamente sobre un cojinete de goma.
- El motor lleva un freno motor de descompresión que utiliza la turbina de geometría variable para sobrealimentar a los cilindros durante la fase de freno motor mejorando así las prestaciones y el ruido respecto a un freno de motor de tipo mariposa.

5.2. Aplicación del método R.C.M.

Una vez descrito el contexto operacional de nuestro sistema procederemos a la aplicación del método teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Aunque los resultados se dan para el conjunto del motor, se ha dividido el motor en algunos sistemas para que queden más claras las funciones y sus fallos. Al principio de la Hoja de Trabajo de cada sistema se indica de que sistema se trata.

CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DEL MÉTODO R.C.M. AL MOTOR DIESEL

- Para recoger las funciones, fallos funcionales, modos de fallo y efectos de los fallos se utiliza una Hoja de Trabajo de Información R.C.M. como la del Anexo 1.
- Una vez rellena la Hoja de Trabajo de Información R.C.M. se le aplica el Diagrama de Decisión R.C.M. (Anexo 3) a cada modo de fallo.
- Por último, las respuestas obtenidas de aplicar el Diagrama de Decisión R.C.M. se registran en la Hoja de Trabajo de Decisión R.C.M. (Anexo 2).
- Para relacionar la Hoja de Trabajo de Información con la de Decisión se utiliza un código alfanumérico compuesto por dos números y una letra. El primer número indica la función (está en la Hoja de Información al lado de cada función), la letra indica el fallo funcional y el segundo número indica el modo de fallo. Luego este código se introduce en la Hoja de Decisión en la columna Referencia de información para indicar a que modo de fallo corresponde cada tarea.

Las Hojas de Trabajo de Información y de Decisión R.C.M. rellenas con los datos de nuestro sistema se encuentran en los Anexos 4 y 5 respectivamente.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

Ahora, a partir de la Tabla de Trabajo de Decisión R.C.M. del Anexo 5 vamos exponer aquí los resultados obtenidos y a realizar la comparación con los resultados obtenidos por el A.M.F.E.

6.1. Resultados del método R.C.M.

A continuación exponemos las tareas de mantenimiento obtenidas a partir de la tabla de decisión del RCM:

- Diariamente.
 - Comprobación del nivel de aceite.
 - Comprobación del nivel de refrigerante.

- Cada 8.000 Km.
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.

- Cada 15.000 Km.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.

- Cada 25.000 Km.
 - Cambio de aceite lubricante.

- Cada 30.000 Km.
 - Cambio del filtro de combustible.

- Cada 50.000 Km.
 - Revisión y reglaje de taqués.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

- Cada 60.000 Km.
 - Revisión del sistema de escape.

- Cada 100.000 Km.
 - Revisar el sistema de refrigeración.
 - Revisión del sistema de lubricación.
 - Revisar el sistema de sobrealimentación.
 - Revisión de la bomba de combustible.

- Cada 130.000 Km.
 - Revisión y calibración de los inyectores.

- Cada 150.000 Km.
 - Revisión del sistema de inyección.

- Cada 160.000 Km.
 - Limpieza del filtro de aceite.

Comparando estos datos con los obtenidos con el A.M.F.E. veremos que ambos sistemas arrojan resultados parecidos entre ellos y parecidos a su vez a los obtenidos por la experiencia. Esto certifica la consistencia del sistema ya que da resultados reales. Existen pequeñas diferencias entre las tareas en uno y otro que se deben a que en última instancia las decisiones sobre la elección de tareas son tomadas por el personal encargado de aplicar el R.C.M.

A pesar de todo, lo que si demuestra claramente el R.C.M. es que en su elaboración y en sus resultados el personal obtiene un mayor conocimiento sobre el sistema al que se aplica el método y una mayor comprensión de la razón de la aplicación de unas tareas de mantenimiento u otras. Esto hará que el personal se implique más en el trabajo de mantenimiento ya que comprende la importancia de las tareas que realiza y las posibles consecuencias de no realizarlas correctamente.

6.2. Plan de mantenimiento

Con los datos anteriores elaboramos el siguiente plan de mantenimiento:

- Diariamente:
 - Comprobación del nivel de aceite.
 - Comprobación del nivel de refrigerante.

- Cada 10.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.

- Cada 20.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.

- Cada 30.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Cambio de aceite lubricante.
 - Cambio del filtro de combustible.
 - Cambio de aceite lubricante.
 - Cambio del filtro de combustible.

- Cada 40.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

- Cada 50.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión y reglaje de taqués.
 - Revisión y reglaje de taqués.

- Cada 60.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.
 - Cambio de aceite lubricante.
 - Cambio del filtro de combustible.
 - Revisión del sistema de escape.

- Cada 70.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.

- Cada 80.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.

- Cada 90.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Cambio de aceite lubricante.
 - Cambio del filtro de combustible.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

- Cada 100.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.
 - Revisión y reglaje de taqués.
 - Revisar el sistema de refrigeración.
 - Revisión del sistema de lubricación.
 - Revisar el sistema de sobrealimentación.
 - Revisión de la bomba de combustible.

- Cada 1100.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.

- Cada 120.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.
 - Cambio de aceite lubricante.
 - Cambio del filtro de combustible.
 - Revisión del sistema de escape.

- Cada 130.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión y calibración de los inyectores.

- Cada 140.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

- Cada 150.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Cambio de aceite lubricante.
 - Cambio del filtro de combustible.
 - Revisión y reglaje de taqués.
 - Revisión del sistema de inyección.

- Cada 160.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.
 - Limpieza del filtro de aceite.

- Cada 170.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.

- Cada 180.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.
 - Cambio de aceite lubricante.
 - Cambio del filtro de combustible.
 - Revisión del sistema de escape.

- Cada 190.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

- Cada 200.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.
 - Revisión y reglaje de taqués.
 - Revisar el sistema de refrigeración.
 - Revisión del sistema de lubricación.
 - Revisar el sistema de sobrealimentación.
 - Revisión de la bomba de combustible.

- Cada 210.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Cambio de aceite lubricante.
 - Cambio del filtro de combustible.

- Cada 220.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.

- Cada 230.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.

- Cada 240.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.
 - Cambio de aceite lubricante.
 - Cambio del filtro de combustible.
 - Revisión del sistema de escape.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

- Cada 250.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión y reglaje de taqués.

- Cada 260.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.
 - Revisión y calibración de los inyectores.

- Cada 270.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Cambio de aceite lubricante.
 - Cambio del filtro de combustible.

- Cada 280.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.

- Cada 290.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

- Cada 300.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.
 - Cambio de aceite lubricante.
 - Cambio del filtro de combustible.
 - Revisión y reglaje de taqués.
 - Revisión del sistema de escape.
 - Revisar el sistema de refrigeración.
 - Revisión del sistema de lubricación.
 - Revisar el sistema de sobrealimentación.
 - Revisión de la bomba de combustible.
 - Revisión del sistema de inyección.

- Cada 310.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.

- Cada 320.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.
 - Limpieza del filtro de aceite.

- Cada 330.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Cambio de aceite lubricante.
 - Cambio del filtro de combustible.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

- Cada 340.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.

- Cada 350.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión y reglaje de taqués.

- Cada 360.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.
 - Cambio de aceite lubricante.
 - Cambio del filtro de combustible.
 - Revisión del sistema de escape.

- Cada 370.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.

- Cada 380.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.

- Cada 390.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Cambio de aceite lubricante.
 - Cambio del filtro de combustible.
 - Revisión y calibración de los inyectores.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

- Cada 400.000 Km:
 - Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro de admisión.
 - Revisión del filtro de combustible.
 - Limpieza del radiador.
 - Revisión y reglaje de taqués.
 - Revisar el sistema de refrigeración.
 - Revisión del sistema de lubricación.
 - Revisar el sistema de sobrealimentación.
 - Revisión de la bomba de combustible.

Notar que se ha variado un poco la frecuencia de realización de algunas tareas para conseguir una optimización de las paradas en taller. Se ha estimado una vida útil del motor de 400.000 Km después de la cual el motor dejaría de ser apto para el servicio.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas a lo largo de la aplicación del método R.C.M. al motor diesel son las siguientes:

- El método R.C.M. realiza un análisis más profundo y detallado de cada fallo para seleccionar la tarea de mantenimiento adecuada en cada caso.
- Ayuda a la comprensión de porque se realiza cada tarea y de la importancia de realizarla de manera correcta.
- Da un conocimiento mayor sobre el sistema estudiado, en este caso el motor diesel, y sobre la causa de los fallos.
- Gracias al diagrama de decisión da a cada fallo su importancia distinguiéndolos de una manera lógica y sencilla que se consigue al responder a las preguntas que plantea el Diagrama de Decisión R.C.M.
- Expone de una manera estructurada y clara, gracias a las Tablas de Trabajo de Información y Decisión R.C.M., toda la información sobre el sistema y las tareas escogidas para su mantenimiento.

Se escogió un motor diesel porque es un sistema conocido y no muy complejo que puede ilustrar bien la forma de aplicación y los resultados que puede proporcionar el R.C.M.

Si aplicáramos el R.C.M. a un sistema mayor que un motor diesel veríamos de forma más clara todavía las ventajas que nos proporciona. Pero para sistemas más complejos hacen falta equipos de análisis más numerosos con personal de todos los niveles relacionados con el sistema para que aporten su experiencia y ayuden en la toma de decisiones para responder a las preguntas que plantea el R.C.M.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

Por último, decir que aunque el R.C.M. se desarrolló originalmente para programar el mantenimiento de aviones antes de que estos entraran en servicio, con el paso del tiempo, y como se ha visto en este proyecto, se ha convertido en un método que se puede aplicar satisfactoriamente a cualquier sistema, ya sea de nueva instalación o existente, y con el que se conseguirán resultado rápidos, eficaces y fiables.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Macián, V. (2002) “Mantenimiento de motores diesel”, Universidad Politécnica de Valencia.
- [2] Seale, J. N. (1983) “Motores diesel”, Paraninfo de Madrid.
- [3] “Curso de formación para facilitadores en reliability centered maintenance (Versión II)” (1991).
- [4] Moubray, J., Artículo “R.C.M. - Reliability centered maintenance”.
- [5] Apuntes de clase de la asignatura “Técnicas de mantenimiento”.

ANEXO 1

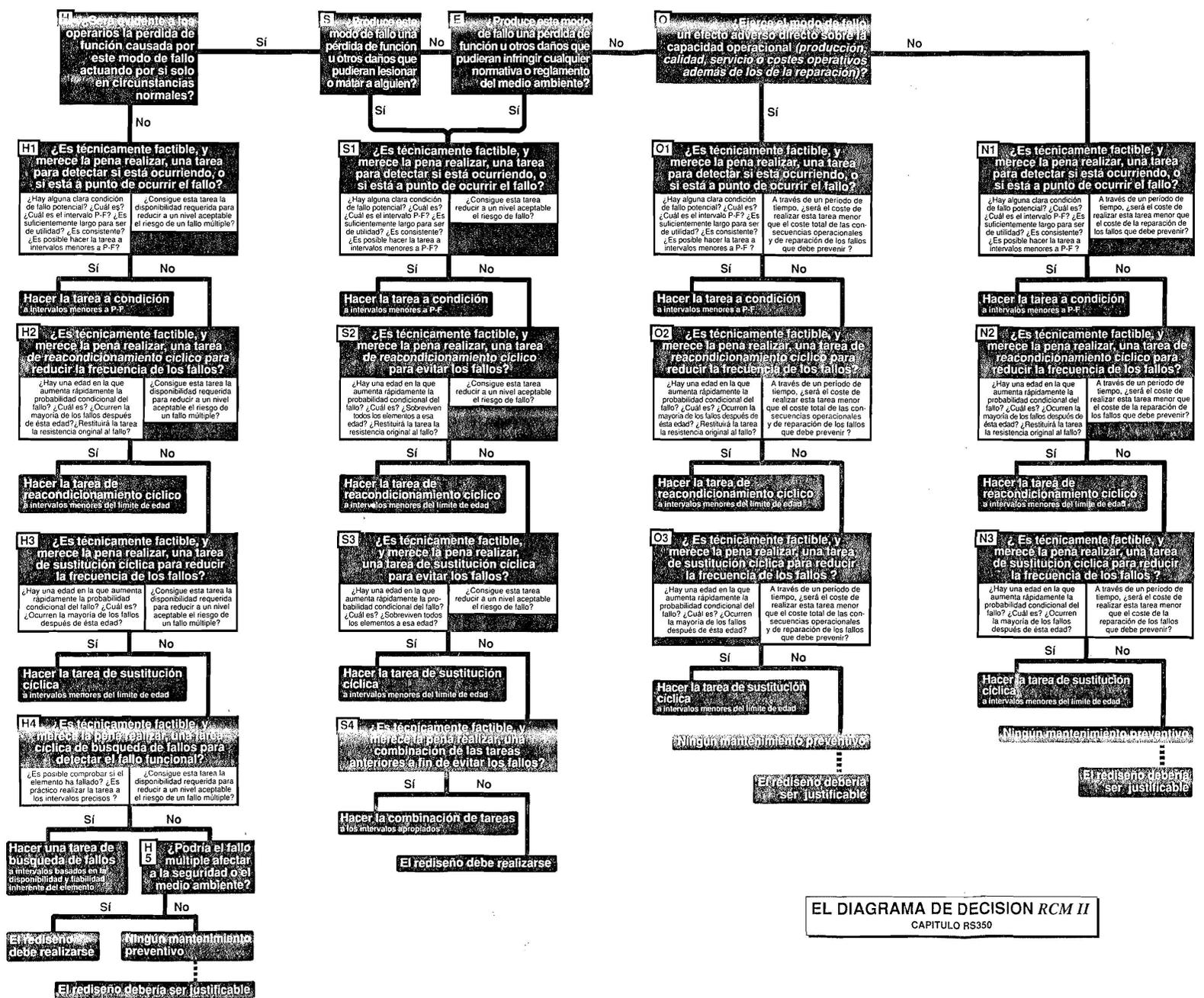
HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento					
		Componente					
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS	

ANEXO 2

DIAGRAMA DE DECISIÓN R.C.M.

CONSECUENCIAS DEL FALLO OCULTO **CONSECUENCIAS EN LA SEGURIDAD O EL MEDIO AMBIENTE** **CONSECUENCIAS OPERACIONALES** **CONSECUENCIAS NO OPERACIONALES**



EL DIAGRAMA DE DECISION RCM II
CAPITULO RS350

ANEXO 3

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M.

ANEXO 4

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M. APLICADA AL MOTOR DIESEL

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E		
		Componente		Sistema de Admisión		
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFFECTOS DE LOS FALLOS
1	Admisión de aire limpio a los cilindros	A	El aire no llega a los cilindros	1	Filtro de aire colmatado	El filtro de aire colmatado no deja pasar la cantidad de aire necesaria para la mezcla aire-combustible ideal dando problemas en la combustión.
1	Admisión de aire limpio a los cilindros	A	El aire no llega a los cilindros	2	Conductos obstruidos	Los conductos obstruidos no dejan pasar la cantidad de aire necesaria para la mezcla aire-combustible ideal dando problemas en la combustión.
1	Admisión de aire limpio a los cilindros	B	El aire llega a los cilindros sin filtrar	1	Filtro de aire roto	El filtro de aire roto deja pasar partículas que producen el desgaste de los pistones y las camisas de los cilindros.
1	Admisión de aire limpio a los cilindros	B	El aire llega a los cilindros sin filtrar	2	Filtro de aire mal instalado	El filtro de aire mal instalado deja pasar partículas que producen el desgaste de los pistones y las camisas de los cilindros.
1	Admisión de aire limpio a los cilindros	B	El aire llega a los cilindros sin filtrar	3	Conductos no estancos	Los conductos no estancos dejan pasar partículas que producen el desgaste de los pistones y las camisas de los cilindros.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E		
		Componente		Cadena Cinemática y Distribución		
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFFECTOS DE LOS FALLOS
1	Comprimir aire de admisión a la presión especificada para la combustión	A	El aire no alcanza la presión especificada	1	Desgaste anormal en pistón	El desgaste anormal en los pistones provoca fugas de aire en el trabajo de compresión que hacen que el aire no alcance la presión especificada causando falta de potencia y bajo rendimiento del motor.
1	Comprimir aire de admisión a la presión especificada para la combustión	A	El aire no alcanza la presión especificada	2	Culata agrietada	La culata agrietada puede producir fugas de aire en la cámara de combustión que no permiten que se alcance la presión necesaria en el trabajo de compresión provocando falta de potencia y bajo rendimiento.
1	Comprimir aire de admisión a la presión especificada para la combustión	A	El aire no alcanza la presión especificada	3	Camisa del cilindro agrietada	Una grieta en la camisa de un cilindro hace que el aire se fugue por ahí en el movimiento de compresión del pistón, por tanto no se alcanza la presión especificada provocando falta de potencia y bajo rendimiento.
1	Comprimir aire de admisión a la presión especificada para la combustión	A	El aire no alcanza la presión especificada	4	Mal reglaje de taqués	El mal reglaje de taqués hace que las válvulas no se abran y cierren correctamente, por lo que no introducen el aire en el momento adecuado causando fallos en la compresión y por ello problemas en la combustión y ruidos.
1	Comprimir aire de admisión a la presión especificada para la combustión	A	El aire no alcanza la presión especificada	5	Muelle de válvula roto o vencido	El muelle de la válvula roto o vencido hace que las válvulas no se abran y cierren correctamente, causando que el aire no entre bien y con ellos problemas de combustión.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E		
		Componente		Cadena Cinemática y Distribución		
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFFECTOS DE LOS FALLOS
1	Comprimir aire de admisión a la presión especificada para la combustión	A	El aire no alcanza la presión especificada	6	Válvula o asiento quemado	Una válvula quemada o el asiento de una válvula quemado hacen que no se cierre herméticamente por lo que hay fugas en la compresión y el aire no alcanza la presión adecuada dando una combustión defectuosa.
1	Comprimir aire de admisión a la presión especificada para la combustión	A	El aire no alcanza la presión especificada	7	Junta de culata dañada	La junta de culata dañada produce fugas de aire en la cámara de combustión que no permiten que se alcance la presión necesaria en el trabajo de compresión provocando problemas en la combustión.
1	Comprimir aire de admisión a la presión especificada para la combustión	A	El aire no alcanza la presión especificada	8	Fallo en conjunto segmentos-camisa	Un fallo en el conjunto segmentos-camisa evita la estanqueidad del cilindro provocando que la compresión no se realice correctamente y causando problemas en la combustión.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E		
		Componente		Sistema de Inyección		
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFFECTOS DE LOS FALLOS
1	Inyectar la cantidad de combustible necesaria en el momento preciso a la presión especificada	A	El combustible alcanza una presión superior a la máxima	1	Aguja del inyector pegada y cerrada	La aguja del inyector pegada hace que el combustible necesite mayor presión para abrirla. Por tanto, cuando la abre y entra en el cilindro tiene una presión mayor que la especificada para la combustión produciendo una combustión defectuosa y una marcha irregular.
1	Inyectar la cantidad de combustible necesaria en el momento preciso a la presión especificada	A	El combustible alcanza una presión superior a la máxima	2	Tarado del inyector alto	Un tarado alto del inyector hace que el combustible entre en el cilindro a una presión mayor de la necesaria para la combustión produciendo un mayor consumo de combustible además de problemas en la combustión.
1	Inyectar la cantidad de combustible necesaria en el momento preciso a la presión especificada	A	El combustible alcanza una presión superior a la máxima	3	Tobera parcialmente obstruida	La tobera del inyector parcialmente obstruida hace que el combustible no entre en el cilindro pulverizado en la forma correcta dando problemas en la combustión.
1	Inyectar la cantidad de combustible necesaria en el momento preciso a la presión especificada	A	El combustible alcanza una presión superior a la máxima	4	Presión de apertura de válvula de retorno de bomba alta	La presión de apertura de la válvula de retorno de la bomba alta hace que el combustible sobrante no puede regresar al tanque, acumulándose y provocando que el combustible tenga una presión mayor produciendo problemas de combustión.
1	Inyectar la cantidad de combustible necesaria en el momento preciso a la presión especificada	B	El combustible alcanza una presión inferior a la mínima	1	Tarado del inyector bajo	Un tarado bajo del inyector hace que el combustible entre en el cilindro a una presión menor de la necesaria produciendo problemas en la combustión.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E		
		Componente		Sistema de Inyección		
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFFECTOS DE LOS FALLOS
1	Inyectar la cantidad de combustible necesaria en el momento preciso a la presión especificada	B	El combustible alcanza una presión inferior a la mínima	2	Fugas en línea	Las pérdidas en la línea de combustible hacen que el combustible no alcance la presión adecuada y que haya falta de combustible en el sistema dando problemas en la combustión.
1	Inyectar la cantidad de combustible necesaria en el momento preciso a la presión especificada	B	El combustible alcanza una presión inferior a la mínima	3	Aguja del inyector pegada y abierta	La aguja del inyector pegada en posición abierta hace que el combustible no entre pulverizado ni con la presión necesaria produciendo una combustión defectuosa y un consumo excesivo.
1	Inyectar la cantidad de combustible necesaria en el momento preciso a la presión especificada	B	El combustible alcanza una presión inferior a la mínima	4	Muelle de válvula de descarga de la bomba vencido o roto	En este estado la válvula deja pasar el combustible con una presión menor de la necesaria al circuito produciendo problemas de combustión.
1	Inyectar la cantidad de combustible necesaria en el momento preciso a la presión especificada	B	El combustible alcanza una presión inferior a la mínima	5	Muelle de la válvula de retorno de la bomba vencido o roto	Con la válvula de retorno de la bomba en este estado no se mantiene el combustible a la presión necesaria en el circuito causando problemas de combustión.
1	Inyectar la cantidad de combustible necesaria en el momento preciso a la presión especificada	B	El combustible alcanza una presión inferior a la mínima	6	Filtro de combustible obstruido	El filtro de combustible obstruido no deja pasar el combustible provocando una bajada de presión del combustible en el circuito y con ello problemas en la combustión.
1	Inyectar la cantidad de combustible necesaria en el momento preciso a la presión especificada	B	El combustible alcanza una presión inferior a la mínima	7	Leva desgastada	Una leva desgastada hace que no entre la cantidad adecuada de combustible en el inyector que luego lo traspasa al cilindro dando falta de potencia y un bajo rendimiento.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E			
		Componente		Sistema de Lubricación			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS	
1	Lubricar las partes móviles del motor	A	Reducción de la presión del lubricante	1	Aceite diluido	El aceite diluido no tiene las mismas propiedades que el aceite normal por lo que no circula por el motor con la presión correcta produciendo rozamiento y desgaste de las piezas del motor.	
1	Lubricar las partes móviles del motor	A	Reducción de la presión del lubricante	2	Pérdida de la eficiencia del sistema de refrigeración, con el calentamiento excesivo del aceite	El calentamiento del aceite hace que pierda sus propiedades por lo que no circula por el motor con la presión correcta produciendo rozamiento y desgaste de las piezas del motor.	
1	Lubricar las partes móviles del motor	A	Reducción de la presión del lubricante	3	Desgaste crítico de los cojinetes de bancada lubricados a presión	El desgaste de estos cojinetes hace que el aceite que circula por ellos no salga con la presión necesaria al motor produciendo rozamiento y desgaste de las piezas del motor.	
1	Lubricar las partes móviles del motor	A	Reducción de la presión del lubricante	4	Filtro de aceite obstruido	El filtro de aceite obstruido no deja pasar el aceite causando que no entre al motor con la presión adecuada, lo cual produce rozamiento y desgaste en las piezas del motor, pudiendo llegar al gripado.	
1	Lubricar las partes móviles del motor	A	Reducción de la presión del lubricante	5	Bomba dañada o muy desgastada	Una bomba de aceite en malas condiciones no suministra el aceite al motor con la presión adecuada, lo cual produce rozamiento y desgaste en las piezas del motor, pudiendo llegar al gripado.	

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E		
		Componente		Sistema de Lubricación		
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFFECTOS DE LOS FALLOS
1	Lubricar las partes móviles del motor	A	Reducción de la presión del lubricante	6	Falta de lubricante	Si falta lubricante, éste no circula por el motor con la presión necesaria lo cual produce rozamiento y desgaste en las piezas del motor, pudiendo llegar al gripado.
1	Lubricar las partes móviles del motor	A	Reducción de la presión del lubricante	7	Anomalía en la válvula de descarga	Si la válvula de descarga no deja pasar el aceite con la presión especificada disminuirá la presión con la que el aceite circula por el motor, produciendo rozamiento y desgaste de las piezas del motor.
1	Lubricar las partes móviles del motor	B	Consumo anormal de lubricante	1	Fugas externas	Las fugas externas conllevan un consumo de lubricante mayor del habitual. Si no se solucionan pueden causar problemas graves por falta de lubricante en el motor.
1	Lubricar las partes móviles del motor	B	Consumo anormal de lubricante	2	Conjunto segmento-camisa deteriorado	Si el conjunto segmento-camisa está deteriorado puede pasar lubricante desde el cárter al cilindro mezclándose en el proceso de combustión. Esto dará problemas de combustión al motor además de un consumo excesivo de lubricante.
1	Lubricar las partes móviles del motor	B	Consumo anormal de lubricante	3	Fugas internas al sistema de refrigeración	Las fugas internas conllevan un consumo de lubricante mayor del habitual. Si no se solucionan pueden causar problemas graves por falta de lubricante en el motor y sobrecalentamiento por contaminación del refrigerante.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E		
		Componente		Sistema de Lubricación		
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFFECTOS DE LOS FALLOS
1	Lubricar las partes móviles del motor	B	Consumo anormal de lubricante	4	Desgaste de guías de válvulas	Este desgaste produce fugas en estas zonas que introducen aceite en la combustión provocando falta de potencia en la combustión y aumento del consumo de lubricante.
1	Lubricar las partes móviles del motor	B	Consumo anormal de lubricante	5	Defectos de sellado en el turbocompresor	Las fugas a través del sellado del turbocompresor conllevan un consumo de lubricante mayor del habitual. Además el turbocompresor no funciona bien causando falta de potencia y bajo rendimiento del motor.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E		
		Componente		Sistema de Refrigeración		
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFFECTOS DE LOS FALLOS
1	Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de funcionamiento óptimo	A	Sobrecalentamiento	1	Falta de refrigerante	La falta de refrigerante evita que se pueda enfriar el motor produciendo el sobrecalentamiento.
1	Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de funcionamiento óptimo	A	Sobrecalentamiento	2	Anomalías en el sistema que reducen el coeficiente de película de transferencia de calor	Si se reduce el coeficiente de película de transferencia de calor no se enfría el refrigerante y éste no enfría el motor lo suficiente para que trabaje de manera óptima.
1	Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de funcionamiento óptimo	A	Sobrecalentamiento	3	Bomba de refrigerante defectuosa	La bomba de refrigerante no introduce suficiente refrigerante por lo que el motor se sobrecalienta.
1	Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de funcionamiento óptimo	B	Consumo de refrigerante	1	Junta de culata deteriorada	La junta de culata deteriorada puede producir fugas de refrigerante que provocan un consumo excesivo de refrigerante y sobrecalentamiento del motor.
1	Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de funcionamiento óptimo	B	Consumo de refrigerante	2	Grietas en culata o bloque	Las grietas en la culata o el bloque pueden producir fugas de refrigerante que provocan un consumo excesivo de refrigerante y sobrecalentamiento del motor.
1	Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de funcionamiento óptimo	B	Consumo de refrigerante	3	Fugas a través de conductos de aceite	Las fugas provocan un consumo excesivo de refrigerante y sobrecalentamiento del motor.
1	Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de funcionamiento óptimo	B	Consumo de refrigerante	4	Fugas en el intercambiador de aceite	Las fugas en el intercambiador de aceite provocan un consumo excesivo de refrigerante y sobrecalentamiento del motor.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E		
		Componente		Sistema de Refrigeración		
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFFECTOS DE LOS FALLOS
1	Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de funcionamiento optimo	B	Consumo de refrigerante	5	Junta tórica de la camisa deteriorada	La junta tórica de la camisa deteriorada puede producir fugas del refrigerante que circula por la camisa causando consumo excesivo de refrigerante y problemas de sobrecalentamiento.
1	Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de funcionamiento optimo	B	Consumo de refrigerante	6	Fallo del tapón del radiador	Un fallo en el tapón del radiador puede hacer que el refrigerante se salga produciendo un consumo excesivo de refrigerante.
1	Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de funcionamiento optimo	B	Consumo de refrigerante	7	Deterioro del retén de la bomba de agua	El deterioro del retén de la bomba de agua produce fugas que llevan a un aumento del consumo de refrigerante.
1	Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de funcionamiento optimo	B	Consumo de refrigerante	8	Grietas en tubos y latiguillos del sistema de refrigeración	Estas grietas producen fugas que aumentan el consumo de refrigerante y provocan el sobrecalentamiento del motor.
1	Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de funcionamiento optimo	B	Consumo de refrigerante	9	Grieta exterior en el bloque	Estas grietas producen fugas que aumentan el consumo de refrigerante y provocan el sobrecalentamiento del motor.
1	Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de funcionamiento optimo	B	Consumo de refrigerante	10	Radiador roto	El radiador roto causa pérdidas de refrigerante llevando a un consumo excesivo del mismo y sobrecalentamiento del motor.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E			
		Componente		Sistema de Escape			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS	
1	Recoger los gases de escape desde los cilindros y entregarlos a la atmósfera	A	Fuga de gases	1	Deterioro de elementos	El deterioro de las partes del sistema de escape provoca ruidos y humos al salir los gases de escape por lugares inadecuados.	
1	Recoger los gases de escape desde los cilindros y entregarlos a la atmósfera	B	Restricciones al paso de los gases	1	Aplastamientos externos	La dificultad para expulsar los gases de escape del motor causa problemas en la combustión dando lugar a una marcha irregular del motor.	
1	Recoger los gases de escape desde los cilindros y entregarlos a la atmósfera	B	Restricciones al paso de los gases	2	Obstrucciones en el silenciador	La dificultad para expulsar los gases de escape del motor causa problemas en la combustión dando lugar a una marcha irregular del motor.	
1	Recoger los gases de escape desde los cilindros y entregarlos a la atmósfera	B	Restricciones al paso de los gases	3	Fallo en el freno motor	El freno de motor funciona restringiendo la salida de gases del motor para ayudar a la frenada del vehículo. Si no funciona bien y dificulta demasiado la salida de gases dará lugar a una marcha irregular del motor.	

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E			
		Componente		General			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFFECTOS DE LOS FALLOS	
1	Desarrollar la potencia especificada	A	El motor no desarrolla la potencia especificada	1	Varillaje del acelerador flojo o mal ajustado	El varillaje del acelerador en mal estado produce un retraso en la entrada de combustible desde el carburador causando una respuesta lenta del motor.	
1	Desarrollar la potencia especificada	A	El motor no desarrolla la potencia especificada	2	Defectos en la bomba de inyección	Los defectos en la bomba harán que dé un suministro irregular de combustible provocando fallos en la marcha del motor y falta de potencia.	
1	Desarrollar la potencia especificada	A	El motor no desarrolla la potencia especificada	3	Defectos en los inyectores	Defectos en los inyectores provocarán que el combustible no entre adecuadamente en los cilindros dando problemas de combustión.	
1	Desarrollar la potencia especificada	A	El motor no desarrolla la potencia especificada	4	Defectos en la alimentación de combustible	Problemas en la alimentación de combustible causan una mala combustión en los cilindros por falta de combustible y una marcha irregular del motor.	
1	Desarrollar la potencia especificada	A	El motor no desarrolla la potencia especificada	5	Obstrucciones en el sistema de admisión	Obstrucciones en el sistema de admisión pueden provocar la falta de aire para la combustión y la llegada de partículas que dañarían los pistones y las camisas de los cilindros.	
1	Desarrollar la potencia especificada	A	El motor no desarrolla la potencia especificada	6	Problemas en el turbocompresor	Problemas en el turbocompresor hacen que el aire no llegue con la presión especificada al proceso de combustión causando una falta de potencia y bajo rendimiento.	

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E			
		Componente		General			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFFECTOS DE LOS FALLOS	
1	Desarrollar la potencia especificada	A	El motor no desarrolla la potencia especificada	7	Obstrucción en el escape	La obstrucción del escape no permite la salida correcta de los gases de la combustión provocando falta de potencia y bajo rendimiento del motor.	
1	Desarrollar la potencia especificada	A	El motor no desarrolla la potencia especificada	8	Baja compresión por deterioro del conjunto segmento-camisa-pistón	Una baja compresión del aire en la combustión produce falta de potencia en el motor.	
2	Mantener el consumo de combustible dentro de los márgenes especificados	A	Aumento anormal del consumo de combustible	1	Fugas externas o internas de combustible	Las fugas de combustible provocan el aumento de consumo de combustible además de problemas de combustión por falta de combustible.	
2	Mantener el consumo de combustible dentro de los márgenes especificados	A	Aumento anormal del consumo de combustible	2	Defecto de la bomba de inyección	Problemas en la bomba de inyección pueden hacer que la bomba introduzca más combustible del necesario en los inyectores dando una marcha irregular del motor.	
2	Mantener el consumo de combustible dentro de los márgenes especificados	A	Aumento anormal del consumo de combustible	3	Defecto de los inyectores	Defectos en los inyectores pueden hacer que entre más cantidad de combustible de la necesaria en los cilindros dando una combustión defectuosa.	
2	Mantener el consumo de combustible dentro de los márgenes especificados	A	Aumento anormal del consumo de combustible	4	Ralentí incorrecto	El ralentí ajustado incorrectamente provoca un mal funcionamiento del motor a ralentí con un consumo de combustible mayor del necesario para mantener el motor encendido.	

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E		
		Componente		General		
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFFECTOS DE LOS FALLOS
2	Mantener el consumo de combustible dentro de los márgenes especificados	A	Aumento anormal del consumo de combustible	5	Restricciones en el sistema de admisión	Obstrucciones en el sistema de admisión provocan una mezcla descompensada con falta de aire que provoca una mala combustión y un aumento del consumo de combustible.
2	Mantener el consumo de combustible dentro de los márgenes especificados	A	Aumento anormal del consumo de combustible	6	Problemas en el turbocompresor	Problemas en el turbocompresor provocan una mezcla descompensada con falta de aire de sobrealimentación que provoca una mala combustión y un aumento del consumo de combustible.
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	A	Presencia de humo blanco	1	Ángulo de avance a la inyección muy retrasado	El ángulo de avance a la inyección muy retrasado provoca que los inyectores inyecten el combustible en los cilindros demasiado tarde provocando una mala combustión por falta de combustible que da lugar a pérdidas de potencia y presencia de humos en el escape.
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	A	Presencia de humo blanco	2	Termostato en mal estado o ausencia del mismo	Un termostato en mal estado no regula bien la circulación de refrigerante pudiendo hacer que el motor se mantenga frío demasiado tiempo, causando problemas en la combustión.
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	A	Presencia de humo blanco	3	Grietas en la camisa del cilindro	Una grieta en la camisa del cilindro deja pasar refrigerante que se mezcla en la combustión haciendo aparecer humo blanco en los gases de escape además de provocar sobrecalentamiento del motor y consumo excesivo de refrigerante.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E			
		Componente		General			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS	
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	A	Presencia de humo blanco	4	Junta de culata deteriorada	La junta de culata deteriorada puede hacer que se comunique el sistema de refrigeración con la cámara de combustión mezclando el refrigerante en la combustión y haciendo aparecer humo blanco en los gases de escape además de provocar sobrecalentamiento del motor y consumo excesivo de refrigerante.	
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	B	Presencia de humo azul	1	Deterioro del conjunto segmento-camisa-pistón	Este deterioro permite la entrada de aceite en el cilindro que se mezcla con el combustible y el aire provocando la presencia de humo azul en los gases de escape y falta de potencia del motor con un bajo rendimiento así como un aumento en el consumo de aceite.	
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	B	Presencia de humo azul	2	Desgaste de guías de válvula	El desgaste de las guías de las válvulas hace que en el trabajo de succión del pistón pase lubricante desde las guías al cilindro mezclándose en la combustión y produciendo humo azul en los gases de escape, falta de potencia con bajo rendimiento y aumento de consumo del aceite.	

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E			
		Componente		General			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS	
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	B	Presencia de humo azul	3	Desgaste de cojinetes, ejes o retenes del grupo de sobrealimentación	Este desgaste puede producir una fuga de aceite que entre con el aire de sobrealimentación a la cámara de combustión produciendo humo azul en los gases de escape así como falta de potencia con bajo rendimiento y aumento del consumo de aceite.	
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	C	Presencia de humo negro	1	Inyector defectuoso o mal tarado	Un inyector defectuoso o mal tarado puede estar introduciendo combustible en exceso o no atomizado que da problemas en la combustión y produce humo negro en los gases de escape.	
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	C	Presencia de humo negro	2	Bomba de inyección defectuosa o mal reglada	Una bomba de inyección con problemas puede introducir demasiada cantidad de combustible provocando fallos en la combustión y marcha del motor y dando lugar a humo negro en los gases de escape.	
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	C	Presencia de humo negro	3	Desgaste del conjunto camisa-segmentos-pistón	Este desgaste puede producir fugas de aire en la compresión que dan una mezcla con exceso de combustible que produce una combustión defectuosa y humos negros en el escape.	
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	C	Presencia de humo negro	4	Junta de culata mal	La junta de culata en mal estado puede producir fugas de aire de la cámara de combustión dando una combustión defectuosa con exceso de combustible y humos negros en el escape.	

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.		Elemento		Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E			
		Componente		General			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFFECTOS DE LOS FALLOS	
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	C	Presencia de humo negro	5	Válvulas o asientos deteriorados	Las válvulas o asientos deteriorados no permiten la hermeticidad de la cámara de combustión produciendo fugas de aire y dando una combustión defectuosa y humos negros en el escape.	
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	C	Presencia de humo negro	6	Filtro de aire o conducto de admisión obstruido	Esto produce una falta de aire en la mezcla de combustión provocando la salida de humo negro por el exceso de combustible y problemas en la combustión.	
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	C	Presencia de humo negro	7	Grupo de sobrealimentación defectuoso	El grupo de sobrealimentación defectuoso no proporciona suficiente aire para la combustión dándose ésta con exceso de combustible y causando humos negros.	
3	Emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	C	Presencia de humo negro	8	Tubo de escape obstruido	El tubo de escape obstruido dificulta la salida de gases produciendo problemas de combustión y humos negros.	

ANEXO 5

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M. APLICADA AL MOTOR DIESEL

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M.							Elemento			Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E						
							Componente			Sistema de Admisión						
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro	Cada 8.000 Km	Un mecánico	
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro	Cada 8.000 Km	Un mecánico	
1	B	1	S	N	N	S	N	S					Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro	Cada 8.000 Km	Un mecánico	
1	B	2	S	N	N	S	N	S					Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro	Cada 8.000 Km	Un mecánico	
1	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento preventivo			

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M.							Elemento			Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E								
							Componente			Cadena Cinemática y Distribución								
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por		
							S1	S2	S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de aceite	Diario	El operario
1	A	2	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de refrigerante	Diario	El operario
1	A	3	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de refrigerante	Diario	El operario
1	A	4	S	N	N	S	N	S								Revisión y reglaje de taqués	Cada 50.000 Km	Un mecánico
1	A	5	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de aceite	Diario	El operario
1	A	6	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de refrigerante	Diario	El operario
1	A	7	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de refrigerante	Diario	El operario
1	A	8	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de aceite	Diario	El operario

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M.							Elemento			Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E						
							Componente			Sistema de Inyección						
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisión del filtro de combustible	Cada 15.000 Km	Un mecánico	
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Revisión y calibración de los inyectores	Cada 130.000 Km	Un mecánico	
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Revisión del filtro de combustible	Cada 15.000 Km	Un mecánico	
1	A	4	S	N	N	S	N	S					Revisar el sistema de inyección	Cada 150.000 Km	Un mecánico	
1	B	1	S	N	N	S	N	S					Revisión y calibración de los inyectores	Cada 130.000 Km	Un mecánico	
1	B	2	S	N	N	S	N	S					Revisar el sistema de inyección	Cada 150.000 Km	Un mecánico	
1	B	3	S	N	N	S	N	S					Revisión de la bomba de inyección	Cada 150.000 Km	Un mecánico	
1	B	4	S	N	N	S	N	S					Revisar el sistema de inyección	Cada 150.000 Km	Un mecánico	
1	B	5	S	N	N	S	N	S					Revisar el sistema de inyección	Cada 150.000 Km	Un mecánico	
1	B	6	S	N	N	S	N	S					Cambio del filtro de combustible	Cada 30.000 Km	Un mecánico	
1	B	7	S	N	N	S	N	S					Revisar el sistema de inyección	Cada 150.000 Km	Un mecánico	

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M.							Elemento			Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E								
							Componente			Sistema de Lubricación								
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por		
							S1	S2	S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	S								Cambio de aceite lubricante	Cada 25.000 Km	Un mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	S								Revisar el sistema de refrigeración	Cada 100.000 Km	Un mecánico
1	A	3	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de aceite	Diario	El operario
1	A	4	S	N	N	S	N	S								Limpieza del filtro de aceite	Cada 160.000 Km	Un mecánico
1	A	5	S	N	N	S	N	S								Revisión del sistema de lubricación	Cada 100.000 Km	Un mecánico
1	A	6	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de aceite	Diario	El operario
1	A	7	S	N	N	S	N	S								Revisión del sistema de lubricación	Cada 100.000 Km	Un mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N	S								Revisión del sistema de lubricación	Cada 100.000 Km	Un mecánico
1	B	2	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de aceite	Diario	El operario
1	B	3	S	N	N	S	N	S								Revisión del sistema de lubricación	Cada 100.000 Km	Un mecánico
1	B	4	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de aceite	Diario	El operario
1	B	5	S	N	N	S	N	S								Revisar el sistema de sobrealimentación	Cada 100.000 Km	Un mecánico

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M.							Elemento			Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E						
							Componente			Sistema de Refrigeración						
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Comprobación del nivel de refrigerante	Diario	El operario	
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Limpieza del radiador	Cada 15.000 Km	Un mecánico	
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Revisar el sistema de refrigeración	Cada 100.000 Km	Un mecánico	
1	B	1	S	N	N	S	N	S					Comprobación del nivel de refrigerante	Diario	El operario	
1	B	2	S	N	N	S	N	S					Comprobación del nivel de refrigerante	Diario	El operario	
1	B	3	S	N	N	S	N	S					Revisar el sistema de refrigeración	Cada 100.000 Km	Un mecánico	
1	B	4	S	N	N	S	N	S					Revisar el sistema de refrigeración	Cada 100.000 Km	Un mecánico	
1	B	5	S	N	N	S	N	S					Comprobación del nivel de refrigerante	Diario	El operario	
1	B	6	S	N	N	S	N	S					Revisar el sistema de refrigeración	Cada 100.000 Km	Un mecánico	
1	B	7	S	N	N	S	N	S					Revisar el sistema de refrigeración	Cada 100.000 Km	Un mecánico	
1	B	8	S	N	N	S	N	S					Revisar el sistema de refrigeración	Cada 100.000 Km	Un mecánico	
1	B	9	S	N	N	S	N	S					Revisar el sistema de refrigeración	Cada 100.000 Km	Un mecánico	
1	B	10	S	N	N	S	N	S					Limpieza del radiador	Cada 15.000 Km	Un mecánico	

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M.							Elemento			Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E							
							Componente			Sistema de Escape							
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por	
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
1	A	1	S	N	N	S	N	S							Revisión del sistema de escape	Cada 60.000 Km	Un mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N	S							Revisión del sistema de escape	Cada 60.000 Km	Un mecánico
1	B	2	S	N	N	S	N	S							Revisión del sistema de escape	Cada 60.000 Km	Un mecánico
1	B	3	S	N	N	S	N	N	N						Ningún mantenimiento preventivo		

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M.							Elemento			Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E								
							Componente			General								
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por		
							S1	S2	S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N							Ningún mantenimiento preventivo		
1	A	2	S	N	N	S	N	S								Revisar el sistema de inyección	Cada 150.000 Km	Un mecánico
1	A	3	S	N	N	S	N	S								Revisión y calibración de los inyectores	Cada 130.000 Km	Un mecánico
1	A	4	S	N	N	S	N	S								Revisión de la bomba de combustible	Cada 100.000 Km	Un mecánico
1	A	5	S	N	N	S	N	S								Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro	Cada 8.000 Km	Un mecánico
1	A	6	S	N	N	S	N	S								Revisar el sistema de sobrealimentación	Cada 100.000 Km	Un mecánico
1	A	7	S	N	N	S	N	S								Revisión del sistema de escape	Cada 60.000 Km	Un mecánico
1	A	8	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de aceite	Diario	El operario
2	A	1	S	N	N	S	N	S								Revisar el sistema de inyección	Cada 150.000 Km	Un mecánico
2	A	2	S	N	N	S	N	S								Revisar el sistema de inyección	Cada 150.000 Km	Un mecánico
2	A	3	S	N	N	S	N	S								Revisión y calibración de los inyectores	Cada 130.000 Km	Un mecánico
2	A	4	S	N	N	S	N	N	N							Ningún mantenimiento preventivo		
2	A	5	S	N	N	S	N	S								Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro	Cada 8.000 Km	Un mecánico
2	A	6	S	N	N	S	N	S								Revisar el sistema de sobrealimentación	Cada 100.000 Km	Un mecánico
3	A	1	S	N	N	S	N	S								Revisar el sistema de inyección	Cada 150.000 Km	Un mecánico
3	A	2	S	N	N	S	N	S								Revisión del sistema de refrigeración	Cada 100.000 Km	Un mecánico
3	A	3	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de refrigerante	Diario	El operario
3	A	4	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de refrigerante	Diario	El operario
3	B	1	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de aceite	Diario	El operario
3	B	2	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de aceite	Diario	El operario
3	B	3	S	N	N	S	N	S								Comprobación del nivel de aceite	Diario	El operario
3	C	1	S	N	S		N	S								Revisión y calibración de los inyectores	Cada 130.000 Km	Un mecánico

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M.							Elemento			Motor Cursor 10 de Iveco modelo E 0681 E								
							Componente			General								
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por		
							S1	S2	S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
3	C	2	S	N	S		N	S								Revisar el sistema de inyección	Cada 150.000 Km	Un mecánico
3	C	3	S	N	S		N	S								Comprobación del nivel de aceite	Diario	El operario
3	C	4	S	N	S		N	S								Comprobación del nivel de refrigerante	Diario	El operario
3	C	5	S	N	S		N	S								Comprobación del nivel de aceite	Diario	El operario
3	C	6	S	N	S		N	S								Limpieza de cartucho filtrante y cubeta del filtro	Cada 8.000 Km	Un mecánico
3	C	7	S	N	S		N	S								Revisar el sistema de sobrealimentación	Cada 100.000 Km	Un mecánico
3	C	8	S	N	S		N	S								Revisar el sistema de escape	Cada 60.000 Km	Un mecánico

