



UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A. C.
ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA PARA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
DEL EQUIPO MOTO COMPRESOR CARTEPILLAR G3606, EN PEMEX
EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN ACTIVO CINCO PRESIDENTES.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

DAMARIS ORTEGA ÁNGELES

ASESOR DE TESIS:

ING. SUSANA ELVIRA GONZÁLEZ CARRASCO

COATZACOALCOS, VER.

FEBRERO 2019.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TÍTULO

**PROPUESTA PARA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
DEL EQUIPO MOTO COMPRESOR CARTEPILLAR G3606, EN PEMEX
EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN ACTIVO CINCO PRESIDENTES.**

PROBLEMA

PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN (PEP), se encarga del trabajo de explotación de hidrocarburos y su producción, organizada en cuatro regiones, dos terrestres y dos marinas, cada región se subdivide en los llamados activos integrales, de la cual forma parte el Activo Integral Cinco Presidentes.

Las instalaciones de PEMEX, entre sus prioridades, contemplan que los equipos permanezcan en óptimas condiciones de operación y seguridad, por lo cual el mantenimiento debe ser permanente, mediante cronogramas.

El equipo MOTOCOMPRESOR CATERPILLAR G3606, debe cumplir con la NORMA NRF-132-PEMEX-2013 dentro de las instalaciones de PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN ACTIVO CINCO PRESIDENTES.

En informe pasados se refleja información del gas quemado, que ha sido mayor al programado, debido a la alta presión de succión, y a que en la misma estación de compresión no se realiza el mantenimiento mayor, por estar en mantenimiento correctivo constante.

Evitar el mantenimiento preventivo de este equipo, resulta en el riesgo de una errónea operación del MOTOCOMPRESOR CATERPILLAR G3606, dando como resultado una deficiente operación de los procesos operativos.

Lo anterior provoca no solo el riesgo de la eficiencia en la línea productiva de operación, también se suma comprometer la seguridad industrial de la empresa, que lleva en consecuencia provocar altos costos de reparación y operación, que pueden llegar a impactar hasta daños ecológicos.

JUSTIFICACIÓN

La industria PEMEX enfrenta retos diariamente, en materia de producción, procesamiento, entre otros, así también presentar documentos que avalen lineamientos normativos. Por lo cual, para la industria es necesario contar con documentos Técnicos Normativos actualizados, que cumplan los requerimientos comprobables.

Por tal razón, la norma NRF-132-PEMEX-2013, la cual actúa de acuerdo al Comité de Normalización de PEMEX y Organismos Subsidiarios (CNPMOS), se utiliza con el objeto de que se utilice para especificar los materiales, el diseño y los requisitos técnicos de mantenimiento que deben cumplir los equipos, y a los compresores centrífugos que sean adquiridos por Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

Este trabajo permite inquirir sobre la forma de trabajo que debe aplicarse para llevar a cabo el mantenimiento preventivo del MOTOCOMPRESOR CATERPILLAR G3606, el cual es necesario proponer y llevar a cabo un mantenimiento preventivo, para evitar gastos de paro de producción, así como tiempos muertos.

Es necesario notar la relevancia de aportar una nueva perspectiva que, aunque conocida; como lo es el tema de mantenimiento, contribuir a evitar altos costos, provocados por falta de mantenimiento preventivo, por ello se realizará, para aclarar las consecuencias positivas y apegadas a la norma NRF-132-PEMEX-2013.

Esta propuesta propone reducir los gastos por acciones correctivas, en mantenimiento y reparaciones, esto reeditará en alargar la vida útil del MOTOCOMPRESOR CATERPILLAR G3606.

El aporte de la ingeniería industrial en este tema específico de mantenimiento contribuye a generar información sobre la importancia de evitar pérdidas materiales y económicas, pero también están inmersos especialmente en reducir los riesgos de accidentes laborales.

OBJETIVO GENERAL

Construir una propuesta de programa de mantenimiento preventivo al MOTO COMPRESOR CATERPILLAR G3606 perteneciente a PEMEX PEP ACTIVO CINCO PRESIDENTES, bajo la NRF-132-PEMEX-2013.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar la revisión de criterio de proyectos existentes para el MOTO COMPRESOR CATERPILLAR G3606.
- Construir el programa de mantenimiento preventivo para el MOTO COMPRESOR CATERPILLAR G3606, apegado a la NRF-132-PEMEX-2013.
- Análisis de costo – beneficio.

HIPÓTESIS:

La implementación DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL MOTOCOMPRESOR CARTEPILLAR G3606 apegado a la NRF-132-PEMEX-2013, logrará disminuir las malas prácticas, y conllevará un alto rendimiento del equipo.

INDICE

	PÁG.
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO I. MANTENIMIENTO.	2
1.1 PEP ACTIVO CINCO PRESIDENTES.	3
1.2 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.	5
1.3 ¿QUÉ DEBE INCLUIR UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO?	11
1.4 NORMATIVIDAD.	17
CAPITULO II. MOTOCOMPRESORES	19
2.1 MOTOCOMPRESORES INDUSTRIALES	20
2.2 TIPOS DE MOTOCOMPRESORES	22
2.3 FALLAS COMÚNES EN MOTOCOMPRESORES	26
2.4 CARACTERÍSTICAS PARA LA SELECCIÓN DE MOTOCOMPRESORES	27
2.5 MOTOCOMPRESOR CARTEPILLAR G3606	29
CAPÍTULO III. PROPUESTA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO.	31
3.1 REVISIÓN DE PROYECTOS EXISTENTES	32
3.2 PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO DE MOTOCOMPRESORES.	33
CAPÍTULO IV. COSTOS Y BENEFICIOS.	51
4.1 COSTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	52
4.2 CONSECUENCIAS DE NO APLICAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	54
4.3 BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL COMPRESOR G3606	57
CONCLUSIÓN	59
RECOMENDACIONES	60
ANEXOS	61
LISTA DE REFERENCIAS	69
BIBLIOGRAFÍA	70

INTRODUCCIÓN:

Actualmente la importancia del mantenimiento radica en varios puntos, como eliminar reparaciones no programadas, minimizar compra de repuestos, tener un porcentaje alto en rendimiento de los procesos y seguridad hacia los trabajadores, evitando eventos de accidente indeseables.

Esta investigación propone las bases teóricas fundamentales del conocimiento de un compresor, y especifica las características del Motocompresor Caterpillar G3606, que es implementado en las instalaciones de Pemex Exploración y Producción Activo Cinco Presidentes.

Se define que es y cómo actúa el mantenimiento preventivo, la importancia de llevarlo a cabo, así como ventajas y desventajas de llevar a cabo o no el mantenimiento preventivo.

Esta propuesta aporta una información técnica, con información de importancia conceptual del Motocompresor Caterpillar G3606, permite determinar una operación segura y confiable, mediante el procedimiento de cada una de sus partes que la conforman; como la correcta lubricación de los cilindros tanto como la de los cojinetes del cigüeñal.

La propuesta está apoyada con imágenes que detallan partes fundamentales del equipo, para facilidad de ubicación de las piezas, al momento de la actuación del mantenimiento preventivo, esto ayuda a tener no solo práctica sino conocimiento de las piezas del equipo y su orden secuencial de efecto.

Se detallan las fallas más comunes en los equipos Motocompresores, para identificar o anteceder a una falla, sujeto al conocimiento, por ello esta investigación detalla la bibliografía apoyada en libros básicos y consultas vía web, que se detallan al final para tener una amplia gama de información que respaldan los hechos de seguimiento en el Mantenimiento Preventivo del Motocompresor.

Este trabajo contribuye a detallar la importancia de tener en adecuadas condiciones el equipo en cuestión, y también da una aproximación del costo del mantenimiento que se lleva a cabo dos veces al año, y los beneficios que aporta su implementación bajo la propuesta técnica apoyada en la Norma NRF-132-PEMEX-2013.

Se anexos de procedimiento y se detalla la conclusión del trabajo que resguarda la integridad física y operacional del equipo, evitando malas prácticas que arrastren consecuencias de daños irremediables, y por ello están basados bajo norma de seguridad, que logran un alto rendimiento del equipo, redituando en su vida útil y la seguridad del personal.

CAPÍTULO I
MANTENIMIENTO.

1.1 PEP ACTIVO CINCO PRESIDENTES.

Las acumulaciones de hidrocarburos que se encuentran en el oriente de la república mexicana, las cuales son explotadas por PEMEX, siendo PEMEX Exploración y Producción (PEP) la encargada de los trabajos de explotación de hidrocarburos y su producción, PEMEX PEP organiza sus actividades en cuatro regiones de las cuales dos son terrestres (norte y sur) y dos marinas (noreste y sureste) cada región se subdivide en los llamados activos integrales, cuyo objetivo es explorar y producir petróleo crudo y gas en un área determinada.

El activo integral cinco presidentes se encuentra localizado en el sureste mexicano, como se muestra en la figura 1; comprende el sur de Veracruz, parte del estado de Tabasco y en una menor proporción el estado de Oaxaca, sus principales actividades, las realiza en los municipios de Coatzacoalcos, Agua Dulce, Acayucan, Las Choapas, Moloacán, Ixhuatlán del sureste, Nanchital de Lázaro Cárdenas, Minatitlán, Hidalgotitlán, Chinameca, Cuichapa, en el estado de Veracruz, y La Venta, Huimanguillo, Cárdenas, en Tabasco, sin estar limitado exclusivamente a estos municipios.

Geológicamente se encuentra ubicado en la cuenca Salina del Istmo, la cual abarca desde el frente de la Sierra de Chiapas en el sur, limitando al oeste con la Cuenca de Veracruz y al este con el Pilar Reforma-Akal.

Dentro de las prioridades de la empresa, contempla mantener sus instalaciones en óptimas condiciones de operación y seguridad, para ello se requiere del mantenimiento constante, que consiste en: mantenimiento a líneas de proceso, válvulas y drenajes, mantenimiento a centro de control.

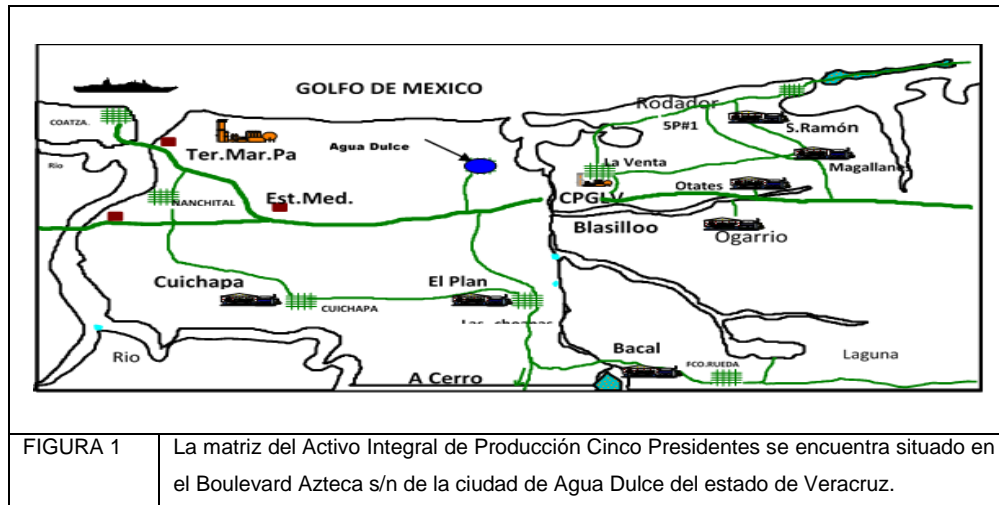
Sus principales actividades se encuentra el diseño, construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones para la extracción, recolección, almacenamiento, medición, transporte y procesamiento de hidrocarburos, así como

la adquisición de materiales y equipos requeridos, que conllevan a cumplir con eficacia, eficiencia, calidad y seguridad los objetivos de la empresa.

En Pemex exploración y producción activo cinco presientes se utiliza el MOTO COMPRESOR CATERPILLAR G3606 para el programa de quema y venteo de gas, en informe de meses pasados el gas quemado ha sido mayor al programado debido a la alta presión de succión, actualmente el quemado real fue menor que el programa debido a que en la misma estación de compresión no se realizó el mantenimiento mayor a las terminales de compresores TC-1 por estar en mantenimiento correctivo la TC-3.

En la empresa se realizan diversas auditorias como; auditorias de industria limpia, auditorias aplicando la metodología NISAI (Nivel Integral de Seguridad Ambiental de la Instalación), las cuales consideran todos aquellos elementos que describen de manera integral el estado físico de la instalación desde su construcción hasta su estado actual; el tipo de proceso empleado para una mejor análisis, principalmente en cuanto a capacidad instalada con respecto a producción actual, lo que permite reconocer el estado opcional de cualquier instalación.

Incluye todos aquellos sistemas con sus respetivos dispositivos básico de control, protección primaria y secundaria de los equipos que protegen a la instalación, personal y/o medio ambiente, con lo que se da una respuesta inminente en caso de presentarse algún trastorno en el proceso, incluyendo la verificación del cumplimiento de los programas de mantenimientos preventivos a los quipos, instrumentos, etc.



1.2 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

El mantenimiento industrial fue forjando su historia, a través de los tiempos, el hombre ha sentido la necesidad de mantener sus maquinarias y equipos de trabajo en óptimas condiciones. Por lo general ocurrían descomposturas en ciertos equipos, producto del mal manejo del operador. Los mantenimientos se practicaban al momento de la falla, es decir, mientras el equipo estaba en funcionamiento, a este acontecimiento se le llamó mantenimiento reactivo o de ruptura, también conocido como mantenimiento correctivo.

Fue hasta el siglo XX, que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un concepto diferente en mantenimiento, que se apegaban o guiaban de las recomendaciones del fabricante del equipo, las cuales hacían referencia a las limitaciones del equipo, forma y cantidades de trabajo al día, tipo de mantenimiento, forma de operar, maquinarias y materia-les a utilizar en el mantenimiento.

A esta nueva tendencia se le llamó mantenimiento preventivo, se ex-tendió a otros campos dentro de la empresa, ya que muchos gerentes de planta se interesaron en aplicar estos conceptos en departamentos como: mecánica, electricidad, transportación entre otros.

El año 1970 dio lugar a la globalización del mercado, lo que trajo consigo fuertes competencias entre las compañías por ser cada día más competitivas y escalar niveles más altos en comparación con las de-más empresas.

A partir del año 1990 se les da la verdadera importancia a los sistemas de mantenimiento como parte integral del sistema de producción y como apéndice del sistema de calidad total, que muchas empresas utilizan eficazmente.

En el año 2002 el mantenimiento industrial no sólo entrenaba como al inicio departamentos específicos, sino que también, todo el conglomerado de la empresa, desde sus gerentes y administradores hasta la persona que hace la operación más simple.

En los comienzos del siglo XX, los estudios realizados por el científico Frederick W. Taylor cambiaron de manera pacífica las malas aplicaciones que existían en las empresas antiguas. “A partir de sus observaciones empíricas llegó a diseñar métodos de trabajo donde la persona y la máquina eran una sola entidad, una unidad inspirada por un salario atractivo para operar la máquina de acuerdo con las instrucciones re-queridas”. (Diseño e Implantación del Programa de Mantenimiento “BETICO” 1992).

“Es la actividad humana que conserva la calidad del servicio que prestan las máquinas, instalaciones y edificios en condiciones seguras, eficientes y económicas, puede ser correctivo si las actividades son necesarias debido a que dicha calidad del servicio ya se perdió y preventivo si las actividades se ejecutan para evitar que disminuya la calidad de servicio”. (Newbrough, 1998).

El mantenimiento es la conservación de la maquinaria y equipo con el fin de maximizar su disponibilidad, esta área ha tomado tal importancia, tanto que hoy en día ocupa un lugar importante en la estructura de las organizaciones e inclusive es una de las áreas primordiales para mantener y mejorar la productividad.

Los departamentos de mantenimiento han mejorado, a su vez las personas que lo aprenden y ejecutan, también han sufrido cambios y han pasado de ser técnicos a especialistas que conocen perfectamente su área de trabajo.

Hoy por hoy el mantenimiento industrial tiene una gran importancia, y que además comprende no sólo al personal de mantenimiento, sino también a toda la organización como con el nuevo concepto de mantenimiento productivo total, permite llevar a cabo un mantenimiento productivo a través de las actividades de pequeños grupos involucrando a todos los niveles de la estructura organizacional de la empresa o Institución.

Existen conceptos sobre mantenimiento que se definen de acuerdo a la estrecha relación entre los conceptos de servicio, calidad de servicio y mantenimiento, como los siguientes:

- Máquina.

Es todo artefacto capaz de transformar un tipo de energía en otro.

- Servicio.

Es la utilidad que presta una cosa o las acciones de un persona física o moral, para lograr la satisfacción directa o indirecta de una necesidad, siendo algo subjetivo ya que se determina por el concepto que una persona tiene, de lo que debe obtener de otra, en retribución del pago que de alguna manera efectúa.

- Calidad de servicio.

Es el grado de satisfacción que se logra dar a una necesidad mediante la prestación de un servicio, implicando la presencia de dos personas o entidades diferentes, el que recibe el servicio y el que lo proporciona. Dicha calidad de servicio podrá ser evaluada y estar en relación directa con las expectativas del receptor del servicio.

- Conservación Industrial (preservación y mantenimiento).

Por definición tenemos que la conservación es toda acción humana que, mediante la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos, contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos existentes en el hábitat humano, y propicia con ello, el desarrollo integral del hombre y de la sociedad. Y como concepto tenemos que es la función capital para conseguir que el producto final sea de alta calidad, ya que atiende al recurso en forma integral: su parte física (preservación) y mantener el servicio que proporciona el recurso dentro de la calidad esperada.

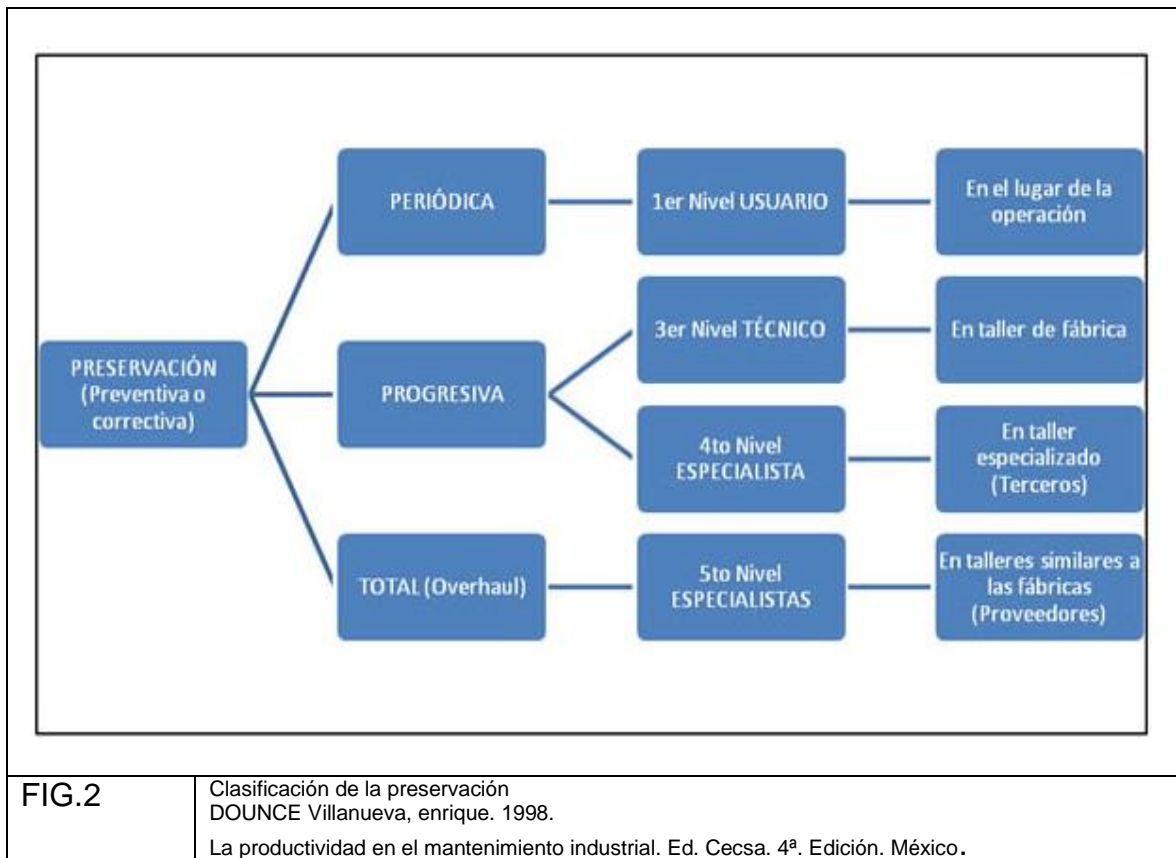
Preservación: Es la acción humana encargada de evitar daños a las máquinas existentes, se refiere al cuidado de la máquina y el costo de su ciclo de vida; puede ser correctiva si se ejecuta para repararlo o preventiva si se ejecuta para proteger la máquina, de la cual existen dos tipos de preservación:

- a) La preventiva
- b) La correctiva

“Lo que las distingue, es el tiempo en que se ejecutan las acciones para evitar o corregir el daño de la máquina”. (Dounce, 1998).

La figura 2., muestra la clasificación de preservación, que se explican a continuación.

- Periódica. Hace referencia al cuidado y protección racional de la máquina durante y en el lugar donde está operando. Esta a su vez se subdivide en dos niveles: el primero hace referencia al nivel del usuario de la máquina, y el segundo al de un técnico medio.
- Progresiva. Se refiere a la revisión y reparación que se le ejecuta a la máquina cuando ésta no está funcionando. Se subdivide en tercero y cuarto nivel, donde el tercero hace referencia a la labor de los talleres artesanales y el cuarto a la labor de terceros que cuentan con personal y talleres especializados.
- Total (overhaul). A ella pertenece el quinto nivel, que es ejecutado por el fabricante del equipo en sus propios talleres, pudiendo ejecutar cualquier tipo de reparación, reconstrucción o modificación.



El mantenimiento industrial consta de clasificaciones de acuerdo a su nivel de productividad.

Según Enrique Dounce Villanueva en su obra la Productividad en el Mantenimiento Industrial (1998), el mantenimiento se divide en:

Mantenimiento Correctivo:

Es la actividad que el ser humano realiza en los recursos físicos de una empresa, cuando a consecuencia de una falla han dejado de brindar la calidad de servicio estipulado y se subdivide a su vez en:

- a) Correctivo Contingente. Refiriéndose a las actividades que se realizan de forma inmediatas.
- b) Correctivo Programable. Refiriéndose a las actividades que se llevan a cabo en aquellas máquinas que aún no lo necesitan, pero por proporcionar un mejor servicio se realizan con anterioridad.

Mantenimiento Preventivo:

Es la actividad que el hombre desarrolla en los recursos físicos de una empresa, con la finalidad de garantizar que la calidad de servicio que éstos proporcionan siga dentro de los límites establecidos, siempre es programable y para llevarlo a cabo existen diversos procedimientos, que se definen a continuación:

- a) Predictivo. Es un sistema permanente de diagnóstico que permite identificar con anterioridad la probable pérdida de calidad de servicio que esté entregando la máquina.
- b) Periódico. Este procedimiento se lleva a cabo periódicamente como su nombre lo señala con el fin de aplicar las actividades, después de determinadas horas de funcionamiento del equipo, en el que se le ejecutan pruebas y se realizan algunos cambios de piezas pertinentes.
- c) Analítico. Se basa en un análisis muy profundo de la información que se obtiene de las máquinas más importantes de la empresa, y por medio de visitas pueden ser inspeccionados con la frecuencia necesaria para que el analista pueda contar con material de consulta necesario.
- d) Progresivo. Consiste en efectuar el mantenimiento por partes, progresando en él de acuerdo a los tiempos ociosos de la máquina.
- e) Técnico. Es una combinación del mantenimiento periódico y del progresivo.

Mantenimiento Productivo Total (TPM):

Es un sistema de mantenimiento enfocado hacia una mejora continua del proceso productivo y que involucra la participación de todos los trabajadores hacia la óptima disponibilidad de las máquinas. (Nakajima, 1993).

El TPM es realizado por todos los empleados a través de actividades de pequeños grupos, con la finalidad de:

- Maximizar la efectividad del equipo
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para los equipos
- Envolver totalmente a los directivos y empleados
- Promover el TPM a través de la motivación en actividades autónomas en pequeños grupos. (Al-Radhi, 1997).

Las seis grandes pérdidas que impiden la efectividad en el equipo:

- Fallas. Pérdidas debidas a fallas esporádicas por problemas crónicos.
- Ajustes. Pérdidas por paros originados por cambios de producto y ajustes.
- Paros Menores. Pérdidas por paros provocados por problemas transitorios.
- Reducción de velocidad. Pérdidas por falta de paridad entre la velocidad de operación actual y la velocidad especificada en el equipo.
- Defectos y retrabajos. Pérdidas por fallas en la calidad.
- Arranques y producción reducida. Pérdidas en las que se incurre entre el arranque y a producción estable. (Al-Radhi, 1997).

Por lo cual de acuerdo a todo lo anterior la Importancia del mantenimiento preventivo industrial en el sector industrial depende del mantenimiento preventivo, por una sencilla razón: los desperfectos son muy costosos como:

- ✓ El coste de la reparación que incluye: gastos en materiales, personal, servicios subcontratados, etc.
- ✓ Daños en las máquinas o instalaciones, si se ha producido una reacción en cadena provocada por la avería.
- ✓ Pérdidas de producción, que no solo se limitan a la cantidad de producto que se ha dejado de fabricar, sino al trastorno de la planificación al retrasarse las entregas, y sobre todo el mal servicio si la situación afecta a los clientes.

- ✓ Riesgos para personas y cosas. Algunas averías pueden

Y por supuesto que a medida que el mantenimiento preventivo se aplica de acuerdo a la normatividad de cada empresa industrial, por ende reduce los deterioros e imprevistos y toda la empresa se ve beneficiada en sus diferentes ámbitos.

1.3 ¿QUÉ DEBE INCLUIR UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO?

Se puede decir que el objetivo principal del mantenimiento preventivo (MP), es garantizar que las maquinarias de un proceso productivo estén en óptimas condiciones para desarrollar el trabajo asignado de forma eficiente y eficaz.

“El mantenimiento preventivo se define como una serie de tareas planeadas previamente, que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las que fue creado un activo. Puede planearse y programarse con base en el tiempo, el uso o las condiciones del equipo”. (Dixon, 2000, p. 77).

El mantenimiento preventivo puede ser planeado previamente, aunque en algunos casos se pueden encontrar posibles fallas que ameriten de su corrección inmediata, aunque no fue planeada la ejecución con anticipación.

Es importante resaltar, que el mantenimiento se lleva a cabo o se programa de formas diferentes, todo dependerá del tiempo, de las condiciones, del uso y del lugar donde opere el equipo.

La incógnita más crítica en el mantenimiento preventivo es: ¿Qué conjunto de tareas deben realizarse para impedir una falla?

Es lógico que si se entiende el mecanismo de la falla real del equipo, que pueda decidir qué tareas serán prioritarias atender para impedir que se presente el fallo o la descompostura.

El mantenimiento programado que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas. Se conoce como Mantenimiento Preventivo Directo o Periódico por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo. Se basa en la Confiabilidad de los Equipos sin considerar las peculiaridades de una instalación dada. Ejemplos: limpieza, lubricación, recambios programados.

Como es evidente, ningún sistema puede anticiparse a las fallas que no nos avisan por algún medio. Por lo tanto, las fuentes que determinan la programación del mantenimiento preventivo están constituidas, por los registros o historiales de reparaciones existentes en la empresa, los cuales nos informan sobre todas las

tareas de mantenimiento que el bien ha sufrido durante su permanencia en nuestro poder. Se debe tener en cuenta que los bienes existentes tanto pudieron ser adquiridos como nuevos (sin uso) o como usados.

Forman parte de las mismas fuentes, los archivos de los equipos e instalaciones con sus listados de partes, especificaciones, planos generales, de detalle, de despiece, los archivos de inventarios de piezas y partes de repuesto (spare parts) y, por último, los archivos del personal disponible en mantenimiento con el detalle de su calificación, habilidades, horarios de trabajo, sueldos, etc.

El significado de mantenimiento preventivo dentro de las operaciones de mantenimiento puede explicarse como destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad.

El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, por oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

Algunos de los métodos más habituales para determinar que procesos de mantenimiento preventivo deben llevarse a cabo son las recomendaciones de los fabricantes, la legislación vigente, las recomendaciones de expertos y las acciones llevadas a cabo sobre activos similares.

Tipos de mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo se puede realizar según distintos criterios, como el mantenimiento programado, donde las revisiones se realizan por tiempo, kilometraje, horas de funcionamiento, etc. Así si ponemos por ejemplo un automóvil, y determinamos un mantenimiento programado, la presión de las ruedas se revisa cada quince días, el aceite del motor se cambia cada 10.000 km, y la cadena de distribución cada 50.000 km.

El mantenimiento predictivo, trata de determinar el momento en el cual se deben efectuar las reparaciones mediante un seguimiento que determine el periodo máximo de utilización antes de ser reparado, en el ejemplo del automóvil si sabemos que el dibujo de las ruedas debe tener 2 mm como mínimo, y las ruedas de nuestro automóvil tiene 4 mm y se desgasta 0,5 mm cada 8.000 km podemos predecir el momento en el cual tendremos que cambiar las ruedas.

El mantenimiento de oportunidad es el que se realiza aprovechando los periodos de no utilización, evitando de este modo parar los equipos o las instalaciones cuando están en uso. Volviendo al ejemplo de nuestro automóvil, si utilizamos el auto solo unos días a la semana y pretendemos hacer un viaje largo con él, es lógico realizar las revisiones y posibles reparaciones en los días en los que no necesitamos el coche, antes de iniciar el viaje, garantizando de este modo su buen funcionamiento durante el mismo.

Definición de Mantenimiento Preventivo.

La programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario; también es conocido como Mantenimiento Preventivo Planificado - MPP.

Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.

Con un buen Mantenimiento Preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, etc.

Fases del Mantenimiento Preventivo:

Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.

- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente.
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.
- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

Concepto de Mantenimiento Preventivo.

Muchos de los accidentes o de los siniestros que ponen en riesgo la seguridad en el trabajo son provocados por la falta de mantenimiento preventivo en los equipos e instalaciones. Además, el mantenimiento preventivo prolonga la vida útil y el buen funcionamiento de todos los equipos.

Es una inversión necesaria; que los equipos con el tiempo se deterioran y para prolongar su vida útil y hacer más rentable su costo, es necesario darles un adecuado mantenimiento.

¿Para qué sirve el mantenimiento preventivo?

El mantenimiento preventivo constituye una acción, o serie de acciones necesarias, para alargar la vida del equipo e instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades laborales por imprevistos. Tiene como propósito planificar periodos de paralización de trabajo en momentos específicos, para inspeccionar y realizar las acciones de mantenimiento del equipo, con lo que se evitan reparaciones de emergencia.

Un mantenimiento planificado mejora la productividad hasta en 25%, reduce 30% los costos de mantenimiento y alarga la vida de la maquinaria y equipo hasta en un 50 por ciento.

Los programas de mantenimiento preventivo tradicionales, están basados en el hecho de que los equipos e instalaciones funcionan ocho horas laborables al día y cuarenta horas laborables por semana. Si las máquinas y equipos funcionan por más tiempo, los programas se deben modificar adecuadamente para asegurar un mantenimiento apropiado y un equipo duradero.

El área de actividad del mantenimiento preventivo es de vital importancia en el ámbito de la ejecución de las operaciones en la industria de cualquier tamaño.

Un buen mantenimiento depende no sólo un funcionamiento eficiente de las instalaciones y las máquinas, sino que, además, es preciso llevarlo a cabo con rigor para conseguir otros objetivos como el hacer que los equipos tengan periodos de vida útil duraderos, sin excederse en lo presupuestado para el mantenimiento.

Las estrategias convencionales de "reparar cuando se produzca la avería" ya no sirven. Fueron válidas en el pasado, pero ahora si se quiere ser productivo se tiene que ser consciente de que esperar a que se produzca la avería es incurrir en unos costos excesivamente elevados (pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, tiempos muertos y pérdida de ganancias). Por lo anterior las empresas deben llevar a cabo procesos de prevención de estas averías mediante un adecuado programa de mantenimiento.

El mantenimiento es la palabra que nos permite designar a aquella actividad a partir de la cual es plausible mantener un producto, una máquina, un equipo, entre otros, para que el mismo funcione de modo correcto, o en su defecto, la que nos permite practicarles a algunos de estos una reparación en caso que así lo demande, para que pueda recuperar su funcionamiento tradicional.

Todos los aparatos, máquinas, maquinarias, dispositivos, entre otros, necesitan en algún momento de su existencia recibir un mantenimiento, ya sea como indicamos, para garantizar que sigan funcionando de modo satisfactorio, o bien para reparar aquel desperfecto que haya surgido de pronto.

En tanto, quien despliega la actividad de mantener o de corregir las fallas que puedan suscitarse en los equipos o máquinas se conoce popularmente como mecánico o como técnico y cabe destacarse que para llevar a cabo su actividad debe disponer de un profundo conocimiento de las piezas que componen el artefacto o aparato en cuestión y también de su funcionamiento.

Características de un programa de mantenimiento preventivo:

De acuerdo a Gabriel Alvendy 1985, p. 556 Las principales características de Mantenimiento Preventivo son las siguientes:

- Establecer un programa continuo que deberá ser establecido y operado por personas que están capacitadas en el mantenimiento del equipo.
- Preparar lista de verificación que también deberá ser realizadas por personas que conozca de mantenimiento. Estas listas son utilizadas para hacerles inspecciones programadas en forma regular.
- Planear si es a corto o largo plazo la revisión de equipo, está es una de las características principales en los equipos. El a corto plazo se refiere a que el equipo deberá ser revisado en un mínimo tiempo estipulado, para que siga siendo productivo. El a largo plazo este afectaría normalmente el equipo de servicio de la planta.

Clasificación del mantenimiento preventivo:

MORROW 1986, p. 15, Clasifica el Mantenimiento Preventivo de la siguiente manera:

- Mantenimiento preventivo rutinario.

Es aquel donde se dan una serie de instrucciones precisas para atender de forma satisfactoria el equipo y a su vez para atender el equipo en forma frecuente y estable.

- Mantenimiento programado periódico.

Se basa en instrucciones de Mantenimiento de los fabricantes, para obtener y realizar en cada ciclo la revisión y sustitución de los elementos más importantes de los equipos.

- Mantenimiento analítico.

Es el análisis de fallas que indica cuándo se deben aplicar las actividades de mantenimiento para prever las fallas de equipo.

Planeación previa de las actividades de mantenimiento:

Uno de los pilares más importante del mantenimiento preventivo lo representa la planificación, en virtud de que la esencia del mantenimiento es prevenir las fallas antes que se originen, para lo cual es necesario desarrollar métodos que permitan organizar el tiempo, lugar, materiales y personal que realizará la tarea de mantenimiento.

- SELECCIÓN DEL PERSONAL ADECUADO PARA EJECUTAR EL MANTENIMIENTO.

Es elemental contar con el personal calificado para desarrollar la tarea de mantenimiento, es decir, se procura eliminar la improvisación, la pérdida de materiales y garantizar la calidad del trabajo realizado.

- MANTENER UN INVENTARIO DETERMINADO DE REFACCIONES AJUSTADO A LAS DEMANDAS.

Un programa de mantenimiento efectivo siempre tendrá en cuenta que las piezas o refacciones estén disponibles a la hora de realizar el trabajo, también, evitará mantener un excesivo inventario de piezas que regularmente no se utilicen, haciendo un balance adecuado a la de-manda y las frecuentes fallas.

- EVITAR ALTOS COSTOS DE REPARACIÓN.

Un programa de mantenimiento bien estructurado, garantiza la calidad del trabajo ejecutado, disminuye el tiempo de reparación, utiliza los materiales adecuados, lo que a su vez genera una disminución considerable en los gastos en ese sentido.

1.4 NORMATIVIDAD.

La propuesta técnica para implementación de mantenimiento preventivo a el equipo moto compresor CATERPILLAR G3606 nace por la necesidad de dar cumplimiento a la NORMA NRF-132-PEMEX-2013 dentro de las instalaciones de PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN ACTIVO CINCO PRESIDENTES.

NRF-132-PEMEX-2013: Compresores Reciprocantes.

Dentro de las principales actividades que se llevan a cabo en Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios, se encuentran el diseño, construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones para la extracción, recolección, procesamiento primario, almacenamiento, medición, transporte de hidrocarburos, así como la adquisición de materiales y equipos requeridos para cumplir con eficiencia y eficacia los objetivos de la empresa.

Para lograr lo anterior se debe contar con una normatividad actualizada acorde con las exigencias de los trabajos a desarrollar y que cumpla con los requerimientos necesarios para tener instalaciones eficientes y seguras.

Esta norma considera los resultados de los esfuerzos de investigación plasmados en normas internacionales ya que éstas contienen los últimos avances tecnológicos. Con el objeto de unificar criterios, aprovechar las experiencias dispersas y conjuntar resultados de las investigaciones nacionales e internacionales, Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, de conformidad con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento, emite esta norma con el objeto de que se utilice para especificar los materiales, el diseño y los requisitos técnicos que deben cumplir los compresores reciprocantes que sean adquiridos por Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

COMPRESORES RECIPROCANTES (Esta Norma de Referencia cancela y sustituye a la NRF-132-PEMEX-2007 del 4 de septiembre de 2007 y a las Especificaciones Técnicas 2.333.02 (P.2.333.02) Compresores Reciprocantes).

Esta Norma de Referencia se aprobó en el Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios en la sesión ordinaria 92, celebrada el 4 de abril de 2013.

OBJETIVO.

Establecer los requisitos que se deben cumplir para la adquisición de los compresores recíprocos a utilizarse por Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios.

ALCANCE.

Esta Norma de Referencia establece los requerimientos técnicos y documentales para compresores recíprocos de aire o gases de proceso, con velocidades de hasta 600 r/min; incluyendo sus sistemas de lubricación, controles y equipo auxiliar. Esta norma no es aplicable para compresores:

- a) Con cilindros enfriados por aire.
- b) Accionados por máquina de gas integrales.
- c) Accionados por máquina de gas con pistones encamisados de efecto simple (tipo automotriz) que sirven como cruceta.
- d) De aire de planta e instrumentos.

CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta norma de referencia es de aplicación general y observancia obligatoria en la adquisición parcial o completa de compresores recíprocos alcance de la misma, que se lleven a cabo en los centros de trabajo de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, por lo que se debe incluir en los procedimientos de contratación: licitación pública, invitación a cuando menos tres personas, o adjudicación directa, como parte de los requisitos que debe cumplir el Proveedor, Contratista o Licitante

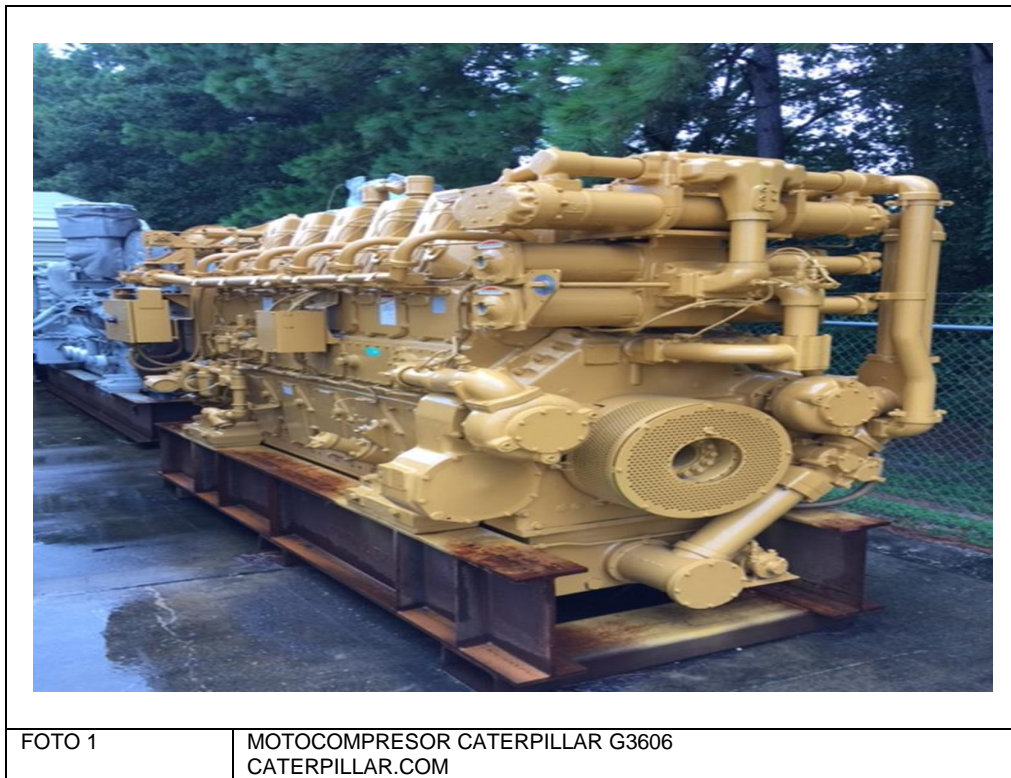
CAPÍTULO II

MOTOCOMPRESORES

2.1 MOTOCOMPRESORES INDUSTRIALES.

Un Motocompresor se define en su manera sencilla como una combinación fija de un motor eléctrico y un compresor en una unidad.

Motocompresor es el conjunto de un motor con un compresor. El motor únicamente hace girar una flecha y el compresor aprovecha ese giro para comprimir el aire u otro fluido generalmente gaseoso. En la foto 1, se muestra el motocompresor Caterpillar G3606.



Por compresor se entiende como un instrumento mecánico que reduce el volumen ocupado por un gas (aire) a través de cierta presión ejercida sobre él.

Esta presión se obtiene mediante un trabajo mecánico que reciben los elementos que componen el compresor, para así dar cumplimiento a su funcionamiento.

La tecnología del aire comprimido y gases, por muy estática que parezca, se encuentra en constante evolución. Los fabricantes llevan muchos años investigando sobre nuevos diseños que se adapten a las diferentes exigencias del mercado.

Los compresores o las bombas de vacío, tienen su aplicación en cientos de industrias y procesos, por lo que las alternativas y la capacidad de adaptación de los diseños de los fabricantes, son múltiples.

Lo que se conoce habitualmente como un compresor de gases, comprende una serie de máquinas con diferentes estructuras y diseños, como los que se definen a continuación.

Motocompesor hermético: Máquina constituida por un compresor frigorífico y su motor eléctrico de arrastre, alojado en una carcasa común cerrada por soldadura, no desmontable a no ser en fábrica, estanca al fluido refrigerante, sin estar atravesadas por partes mecánicamente móviles. Los derivados del motor de arrastre están expuestos al refrigerante y al aceite

Motocompesor de rotor hermético o encapsulado: motocompesor dentro de una carcasa hermética, que no contiene el bobinado del motor y sin eje externo.

Motocompesor semihermético: combinación compuesta por un compresor y un motor eléctrico, ambos encerrados en una misma carcasa, con capas desmontables para permitir el acceso, pero sin eje ni sello mecánico externo, con el motor eléctrico funcionando en presencia de una mezcla de aceite y vapor refrigerante.

Los motocompresores por su aplicación principal se podrían dividir en cinco grupos:

- Compresores:

Máquinas diseñadas para comprimir gases a cualquier presión, por encima de la presión atmosférica. En general, se habla de compresor cuando se trabaja con presiones superiores a los 3 barg*.

- Ventiladores:

Máquinas diseñadas para comprimir gases a presiones muy bajas, cercanas a la presión atmosférica. De hecho, los ventiladores apenas incrementan la presión unos gramos sobre la atmosférica.

- Soplantes:

Compresores que trabajan a baja presión. Deberían estar incluidos dentro del mismo grupo que los compresores, pero se diferencian para evitar confusiones. Las presiones de estos equipos son superiores a las de los ventiladores, pero se considera que están por debajo de los 3 barg*.

- Bombas de vacío:

Son también compresores, pero su trabajo no está pensado para comprimir el aire, sino para aspirarlo de un recipiente o sistema, bajando la presión a valores por debajo de 1 atmósfera. Las bombas de vacío también se pueden usar como un compresor, pero en aplicaciones muy específicas y con valores de presión muy bajos.

- Compresores booster:

Son un tipo de compresores que trabajan con una presión en la aspiración, superior a la atmosférica. Suelen instalarse en combinación con un compresor tradicional, para elevar la presión final de éste.

*(Bar g, indica que el valor señalado previamente es relativo, es decir, el valor que no considera la presión atmosférica o el valor que leeríamos en un manómetro, Bar a, significa que el valor indicado previamente es absoluto, es decir, parte del “cero”).

2.2 TIPOS DE MOTOCOMPRESORES

La principal clasificación de los diferentes tipos de compresores se realiza por su principio de funcionamiento básico.

Los compresores pueden clasificarse como dinámicos o de desplazamiento positivo. Entre los dinámicos se incluyen a los centrífugos de flujo radial y axial, en

menor grado, a los de emisión parcial para bajo flujo. Los tipos de compresores de desplazamiento positivo son de dos categorías básicas: reciprocantes y rotatorios.

En este caso, los compresores quedan divididos en dos grandes grupos:

- Compresores de desplazamiento positivo:

El principio de funcionamiento de estos compresores se basa en la disminución del volumen del aire en la cámara de compresión donde se encuentra confinado, produciéndose el incremento de la presión interna hasta llegar al valor de diseño previsto, momento en el cual el aire es liberado al sistema.

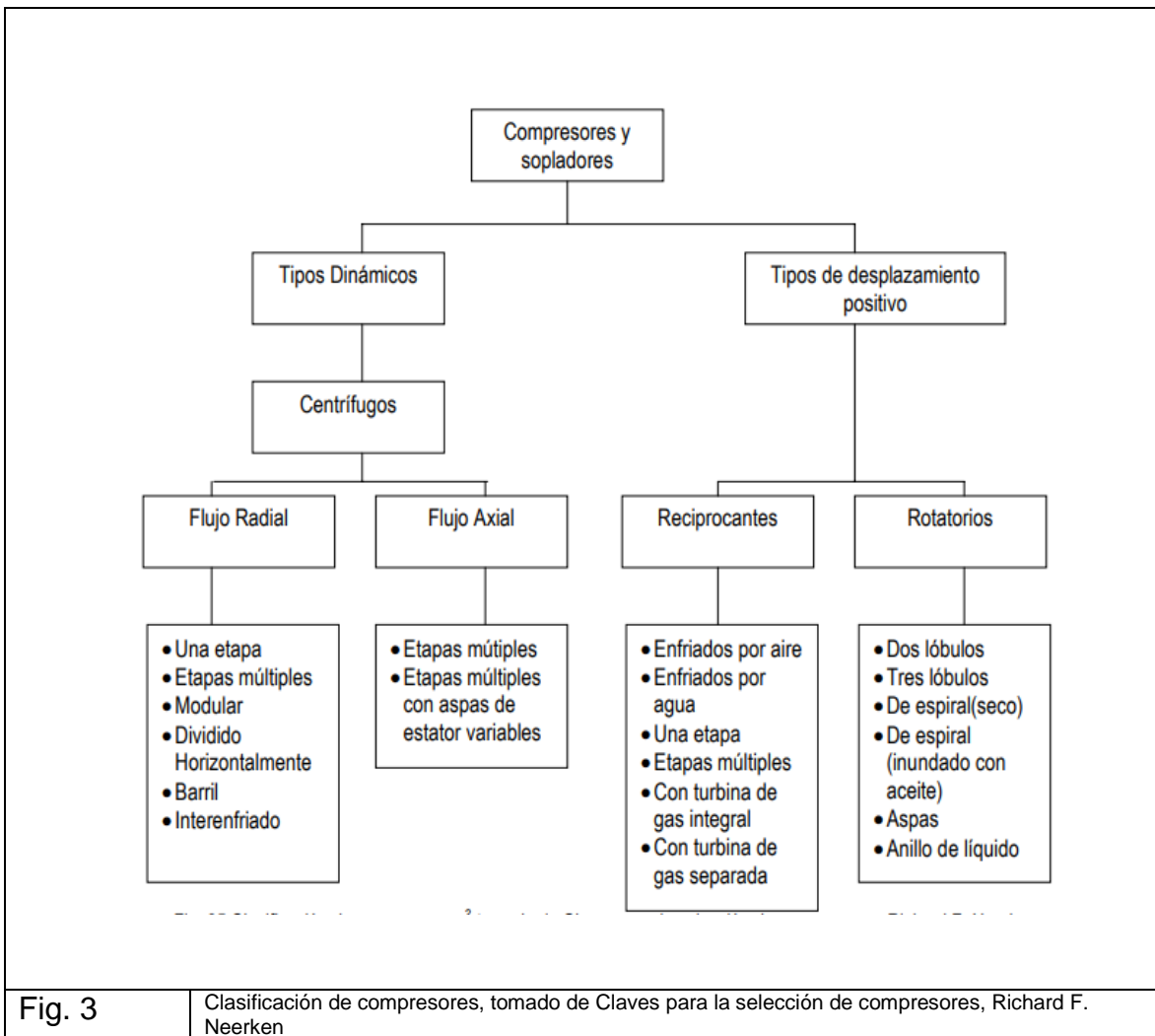
- Compresores dinámicos:

El principio de funcionamiento de estos compresores se basa en la aceleración molecular. El aire es aspirado por el rodete a través de su campana de entrada y acelerado a gran velocidad. Después es descargado directamente a unos difusores situados junto al rodete, donde toda la energía cinética del aire se transforma en presión estática. A partir de este punto es liberado al sistema.

Ambos sistemas pueden trabajar con una o varias etapas, en función de la presión final requerida para el aire comprimido. En el caso de compresores multietápicos, el aire, al ser liberado de la primera etapa, pasa directamente a la segunda, donde el proceso descrito anteriormente se repite. Entre cada etapa, se instala un refrigerador intermedio que reduce la temperatura de compresión hasta el valor requerido por la etapa siguiente.

En las industrias de procesos químicos se utilizan compresores de todos los tipos y tamaños para aire y gases. Algunas aplicaciones típicas son:

- ✓ Compresores de aire para servicios e instrumentos en casi cualquier planta.
- ✓ Sopladores sencillos en plantas de recuperación de azufre.
- ✓ Sopladores grandes en unidades de craqueo catalítico.
- ✓ Compresores de refrigeración de baja temperatura en unidades para etileno, polietileno, o p-xileno.
- ✓ Compresores de alta presión para gas de alimentación, reforzadores y para gas recirculado en plantas de hidrocarburos, amoníaco y síntesis de metanol.



La figura 3, explica la clasificación de compresores, la cual se observa que los compresores son del tipo dinámico o de desplazamiento positivo.

Los dinámicos incluyen centrífugos de flujo radial y axial y, en menor grado, los de emisión parcial para bajo flujo.

Los tipos de desplazamiento positivo son de dos categorías básicas: reciprocantes y rotatorios. El compresor reciprocante tiene uno o más cilindros en los cuales hay un pistón o embolo de movimiento alternativo, que desplaza un volumen positivo con cada carrera. Los rotatorios incluyen los tipos de lóbulos, espiral, aspas o paletas y anillo de líquido, cada uno con una carcasa, con uno o más elementos rotatorios que se acoplan entre sí, como los lóbulos o las espirales, o desplazan un volumen fijo en cada rotación.

Existen dos métodos mecánicos básicos para aumentar la presión de un gas:

- a) Reducir su volumen.
- b) Aumentar su velocidad, de modo que la energía de velocidad se pueda convertir en presión.

Los compresores de desplazamiento positivo que aumentan la presión mediante la reducción del volumen son:

- a) Compresores recíprocos: Tienen un pistón que se mueve dentro de un cilindro.
- b) Compresores de espiral rotatoria: En los cuales se comprime el gas entre dos hélices rotatorias acopladas y la carcasa del compresor.
- c) Compresores de lóbulos rotatorios: En los que el gas se empuja por lóbulos acoplados.
- d) Compresores de aspas deslizables: En los cuales un cuerpo o rotor excéntrico (en el cual se deslizan las aspas selladoras) gira dentro de una carcasa.
- e) Tipo de pistón líquido: En el cual una caja, llena en forma parcial con líquido, hace las veces de las aspas deslizables.
- f) Compresores de diafragma: Con un diafragma flexible que funciona a pulsaciones en una cubierta cóncava.

Los dos tipos de compresores que convierten la velocidad en presión son:

- a) Compresores de flujo radial: Llamados generalmente centrífugos.
- b) Compresores de flujo axial: Llamados sencillamente “axiales”.

En los compresores centrífugos el gas entra en el ojo del impulsor, y la fuerza de rotación lo mueve hacia el borde de cada rueda o etapa. Los difusores convierten la

carga de velocidad en presión y se utilizan conductos de retorno para llevar el gas a la descarga del compresor a la siguiente etapa impulsora.

En los compresores axiales el flujo ocurre por una serie de aspas rotatorias y estacionarias alternadas y en dirección básicamente paralela al árbol del compresor.

Cada pasada por las aspas rotatorias aumenta la velocidad del fluido, y su paso por las aspas difusoras estacionarias convierte la carga de velocidad en carga de presión.

2.3 FALLAS COMÚNES EN MOTOCOMPRESORES.

Causas principales de falla en un compresor:

Por calor excesivo: El calor excesivo provoca quemaduras del compresor.

- ✓ Sobrecalentamiento: Se produce cuando la temperatura del gas de succión al compresor es muy elevada.
- ✓ Bajo Voltaje: Al trabajar el compresor con bajo voltaje se traduce en un aumento de corriente eléctrica (Amperaje) provocando calentamiento en los devanados y daño del aislamiento.
- ✓ Falta de refrigerante: El embobinado se sobrecalentará si no lo baña suficiente vapor de refrigerante para eliminar el calor que desprende.
- ✓ Obstrucciones en el evaporador y falta de ventilación: Bajo estas condiciones el sistema tendrá muy alta presión en la cabeza del compresor y/o baja presión de succión, haciéndose excesiva la temperatura de descarga del compresor.

Por contaminante: En un sistema de refrigeración solo debe circular aceite y refrigerante, cualquier otra sustancia es un contaminante.

- ✓ Aire y humedad: Son los más dañinos ya que pueden reaccionar con el aceite y el refrigerante provocando enlodadura y formación de ácidos dentro del sistema. Se forman por un vacío ineficiente. La humedad forma congelación y taponamiento de la válvula de expansión o el tubo capilar.
- ✓ Ceras, resinas: Obstruyen válvula de expansión y tubo capilar, ocasionan pérdida de compresión, tapan orificios de aceite.
- ✓ Suciedad y brisas de metal: Se depositan en las válvulas de expansión obstruyendo la circulación del refrigerante, dañan el material aislante del embobinado, se depositan en éste y provocan corto circuito.
- ✓ Fundentes de soldadura: Son compuestos químicos muy activos y su uso debe ser limitado. Al realizar soldaduras es recomendable pasar una corriente de Nitrógeno de 2 a 5 PSIG por la parte interna de la tubería con esto evitaremos que ingrese escoria al sistema.

2.4 CARACTERÍSTICAS PARA LA SELECCIÓN DE MOTOCOMPRESORES

Entre las características que se deben tomar en cuenta para una buena selección del equipo de compresión tenemos a los siguientes:

A) Relación de compresión.

En general, el funcionamiento de un compresor es usualmente evaluado por su razón de compresión, que viene dada por la relación:

$$R_c = P_d / P_s$$

En donde:

P_s = Presión de succión.

P_d = Presión de descarga.

B) Número de pasos.

El número de etapas o pasos va a estar determinada por la relación de compresión de acuerdo a los siguientes datos proporcionados por los fabricantes de equipos de compresión.

Si $R_c > 5$ se debe usar una sola etapa Si $R_c > 30$ se deben usar dos etapas Si $R_c > 100$ se deben usar tres etapas.

C) Análisis del gas.

Se debe conocer las condiciones del gas para llevar a cabo una buena selección del equipo de compresión, ya que el gas puede contener pequeñas cantidades de azufre, cloro o algún otro elemento que puede influir en la elección con que se fabricaran las partes más sensibles de la máquina tales como: impulsores, carcazas, sellos, vástagos, anillos y émbolos.

D) Factor de compresibilidad

Este factor nos indica la desviación que se tiene con respecto a un gas ideal, se da o calcula en las condiciones de succión y descarga. La compresibilidad afecta tanto a los compresores centrífugos como a los de movimiento alternativo, esto, debido a que el volumen de un gas comprimido es igual al calculado de acuerdo con la ley de los gases perfectos multiplicado por un coeficiente (Z) llamado factor de compresibilidad, por lo que en los compresores centrífugos se afecta la proporción de cada paso y en los de movimiento alternativo el desplazamiento del émbolo.

E) Peso molecular

Es de suma importancia esta característica, ya que en caso de ser muy ligero se necesitarán más pasos para elevarlo a una presión determinada y eso conlleva a hacer una selección de equipo adecuada para tal situación.

2.5 MOTOCOMPRESOR CARTEPILLAR G3606

Los motores G3600 proporcionan una amplia gama de opciones de potencia que se adaptan a su aplicación compresión de gas. Los motores G3600 ofrecen la más alta disponibilidad en la industria y prolongados intervalos de funcionamiento entre reacondicionamientos.

Los operadores que utilizan los Motores G3600 en sus flotas disfrutan de la ausencia casi total de tiempos de inactividad no programados, de la potencia adecuada para la aplicación, costos de operación más bajos y cumplimiento con las normas de emisiones.

Las aplicaciones ideales para los Motores G3500B incluyen estaciones centralizadas de recolección, procesamiento de gas, transmisiones y aplicaciones de almacenamiento. Motor de Gas Cat G3606 con clasificaciones: 1324-1413 kW (1775-1895 bhp) a 1000 rpm cumple con las normas NSPS del sitio.

En cuanto a emisiones, Cumple con Emisiones de la New Source Performance Stand Ards (NSPS) fijas de encendido por chispa EPA para 2010/11 con el uso de un catalizador de oxidación.

Los motores de combustión magra operan con grandes cantidades de aire en exceso. El aire en exceso absorbe el calor durante la combustión, reduciendo la temperatura de combustión y la presión, lo que reduce considerablemente los niveles de NOx. El diseño de combustión magra también proporciona una vida útil del componente más largo y un excelente consumo de combustible.

La facilidad de operación es por su colector y rieles de alta resistencia para un montaje y estabilidad excelentes - Tapas laterales en el bloque que permiten la inspección de los componentes internos.

El sistema de administración del motor ADEM A3 integra control de velocidad, control de la relación aire/combustible y controles de encendido/detonación en un completo sistema de administración del motor. ADEM A3 ha mejorado lo siguiente: interfaz de usuario, sistema de visualización, controles de parada y diagnósticos del sistema.

Cada motor se prueba con carga completa para garantizar el rendimiento adecuado del motor.

El diseño del motor tiene una capacidad para quemar un amplio espectro de combustibles gaseosos - Diseño sólido de resistencia diésel que prolonga la vida útil y disminuye los costos de posesión y operación- Amplia gama de velocidades de operación.

CAPÍTULO III.
PROPUESTA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO.

3.1 REVISIÓN DE PROYECTOS EXISTENTES.

Para realizar la propuesta, es necesario conocer los proyectos existentes que se han realizado con base al mantenimiento preventivo del motocompresor.

De acuerdo a lo anterior se determina que la base inicial del mantenimiento preventivo es con el manual con el cual se elaboró la Base de Conocimientos para mantenimiento preventivo que aparece en la intranet de la página oficial de CATERPILLAR.

En éste manual se especifican todos los documentos que se deben presentar cuando se realiza el mantenimiento preventivo, así como también la secuencia lógica de los pasos a seguir para ejecutar el arranque del motocompresor.

Es necesario definir los documentos que se deben emitir a la hora de presentar el proyecto, esto es fundamental en las tres fases del diseño que debe llevar un proyecto, que son conceptualización, definición e implantación.

Para poder realizar el diseño de una PROPUESTA TÉCNICA PARA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A EQUIPO MOTO COMPRESOR CATERPILLAR G3606 DENTRO DE LAS INSTALACIONES DE PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN ACTIVO CINCO PRESIDENTES.es necesario guiarse con los criterios básicos establecidos en LA NORMA NRF-132-PEMEX-2013.

Debido a que son innumerables los puntos que se deben tomar en consideración es conveniente realizar un documento en el cual se establezcan los criterios de diseño que se van a seguir para definir el proyecto.

Este documento que se tuvo que realizar establece los criterios y parámetros mínimos de selección y diseño de un mantenimiento preventivo con el fin de garantizar un nivel razonable de protección para el personal y las instalaciones.

Si bien es cierto que para la mayoría de los proyectos existen ciertas especificaciones por parte del cliente que se deben tener en cuenta en la parte de los criterios de diseño, también es cierto que en general, esos criterios se encuentran estandarizados, es decir, son una serie de normas básicas que aparecen en documentos certificados que deben cumplirse para que el proyecto pueda ser viable.

Luego de que se hizo una revisión de los criterios de diseño de los proyectos ya existentes, y se compararon con lo mencionado en las normas, se procede a escribir un documento lo más general posible, es decir, que pudiera abarcar la mayoría de las plantas de proceso.

3.2 PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO DE MOTOCOMPRESORES.

La propuesta técnica para implementación de mantenimiento preventivo a equipo moto compresor Caterpillar g3606 dentro de las instalaciones de Pemex Exploración y Producción Activo Cinco Presidentes con un plan conformado por instrucciones (rutinas) del plan de mantenimiento mecánico, para los elementos o actividades.

El plan de mantenimiento mecánico propuesto es del tipo preventivo y lo que se persigue con estos tipos de mantenimiento es conocer e informar al personal que corresponda, de manera permanente, el estado físico y de operatividad del equipo, mediante la aplicación de rutinas.

El plan de mantenimiento mecánico rutinario es el resultado del estudio de manuales de mantenimiento de diferentes equipos, manuales de operación y mantenimiento proporcionado por el fabricante del CARTERPILLAR, la experiencia del personal técnico de planta y por último el estudio de la normativa técnica y legal pertinentes.

El plan de mantenimiento está estructurado por un conjunto de procedimientos o instrucciones para el mantenimiento adaptadas a los diferentes grupos de equipos mecánicos a mantener.

Se muestra a continuación la descripción del equipo de motocompresor y el procedimiento para mantenimiento preventivo de los sistemas que conforman el equipo.

Descripción técnica del equipo:

En la Tabla 1 se encuentra la descripción técnica para el Motocompresor CATERPILLAR G3606 situado en las instalaciones de Pemex Exploración y Producción Activo Cinco Presidentes.

ESPECIFICACIONES	
VÁLVULAS POR CILINDRO	
DOS DE ADMISIÓN	
DOS DE ESCAPE	
UNA DE ADMISIÓN DE GAS	
CALIBRE	300mm (11,8) pulg)
CARRERA	300mm (11,8) pulg)
CONFIGURACIÓN Y NO. DE CILINDROS	En línea 6
CILINDRADA	127,2 litros (7764 pulg ³)
TIPO DE COMBUSTIÓN	Encendido por chispa
AJUSTE DE LAS VÁLVULAS	
ADMISIÓN	0,50 mm (0,020 pulg)
ESCAPE	1,27 mm (0,050 pulg)
ADMISIÓN DE GAS	0,64 mm (0,025 pulg)
ROTACIÓN DEL CIGÜEÑAL	Hacia la izquierda
ROTACIÓN DEL IMÁN	Hacia la izquierda
ORDEN DEL ENCENDIDO	1-5-3-6-2-4
Tabla 1	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE COMPRESOR. REFERENCIA: MANUAL CATERPILLAR

SISTEMA DE ARRANQUE:

MOTOR DE ARRANQUE NEUMÁTICO

Se puede usar un motor de arranque neumático para girar el volante del motor lo suficientemente rápido para hacer que el motor funcione. La operación del motor de arranque neumático es controlada por el sistema de supervisión del motor.

El motor de arranque neumático funcionará cuando se hayan cumplido los requisitos de prelubricación.

El motor de arranque neumático normalmente está montado en el lado izquierdo del motor.

El aire está normalmente contenido en un tanque de almacenamiento y el volumen del tanque, la presión en el tanque y la cantidad de la restricción en el sistema de suministro determinan la cantidad de tiempo que se puede girar el volante del motor.

En los motores que no tienen cargas pesadas al arrancar, el ajuste del regulador es aproximadamente 1034 kPa (150 lb/pulg²). Este ajuste proporciona una buena relación entre velocidades de giro lo suficientemente rápida para arrancar con facilidad, así como la cantidad de tiempo que el motor de arranque neumático puede girar el volante del motor antes de que se acabe el suministro de aire.

SISTEMA DE COMBUSTIBLE:

Para asegurar la regulación precisa del flujo de combustible en los motores G3606, no se utilizan carburadores. El flujo del combustible se controla electrónicamente para mantener un control preciso del envío de suministro al motor. Los componentes del sistema de combustible son una válvula de corte de gas, una válvula de control de combustible, actuador electrónico, múltiple de combustible, válvula de admisión de gas, válvula de aguja, válvula de retención y una cámara de precombustión, a continuación, se muestra en la Figura 4 el diagrama esquemático:

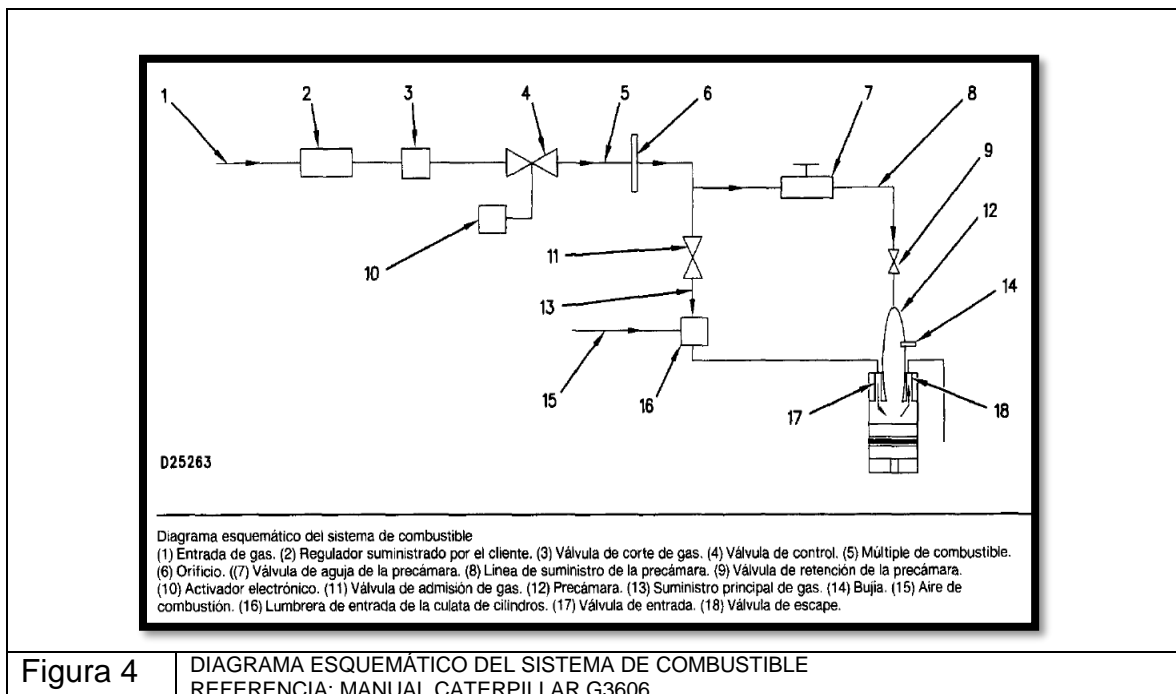
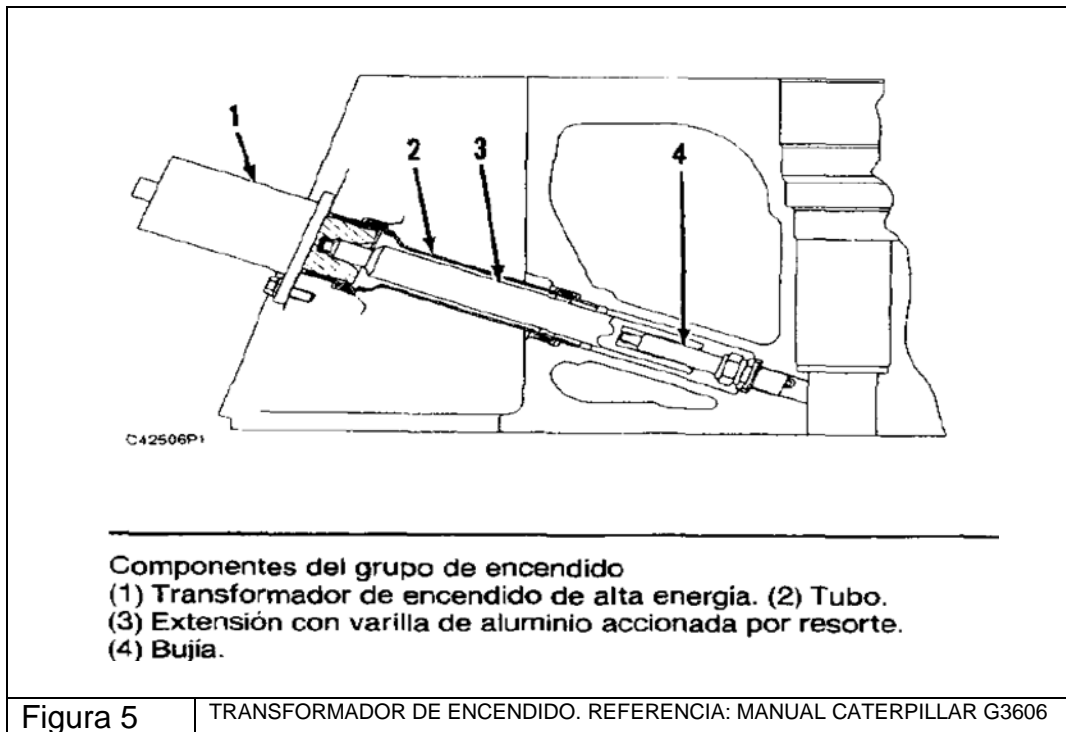


Figura 4

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE
 REFERENCIA: MANUAL CATERPILLAR G3606

SISTEMA DE ENCENDIDO:

Los componentes del grupo de encendido y los cables completamente armados del sistema de encendido se usan con un imán para proporcionar el encendido por chispa, como se muestra en la Figura 5.



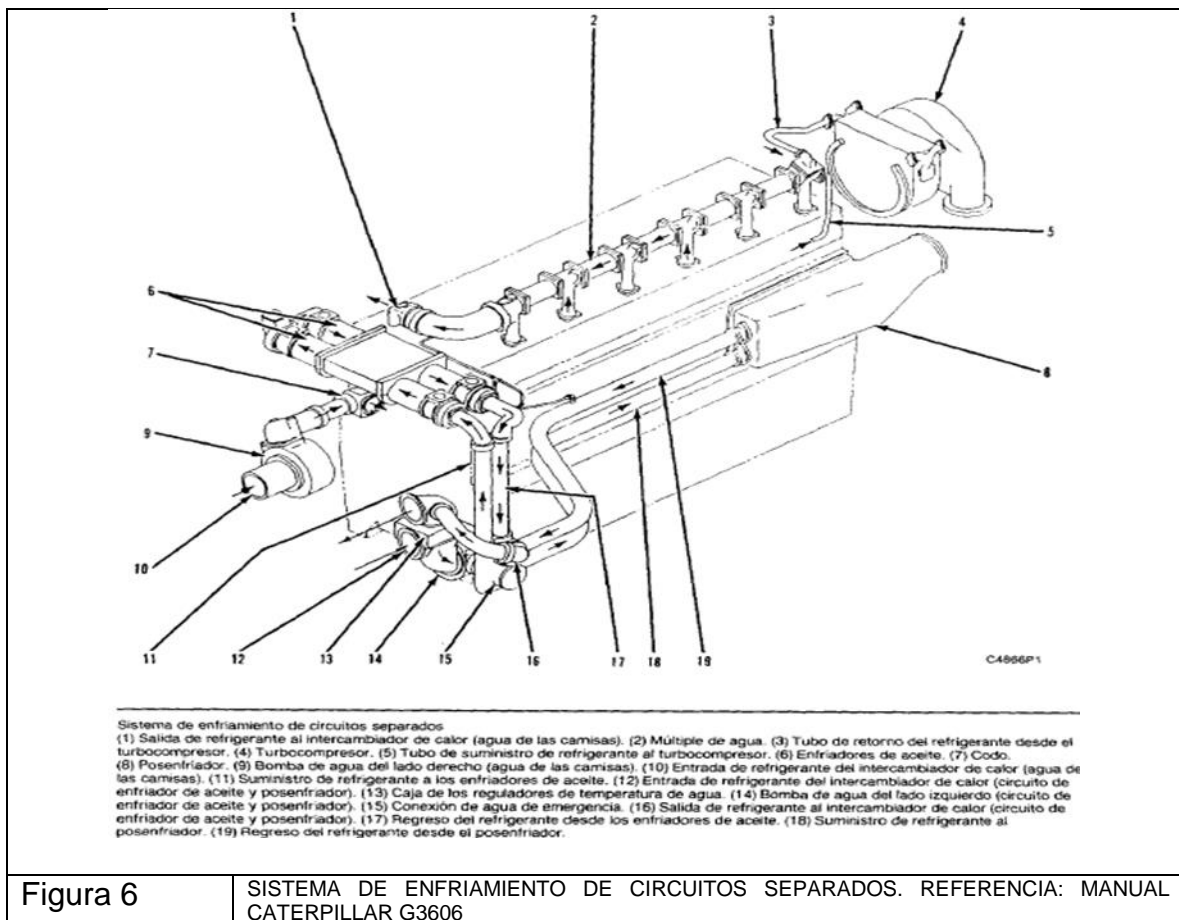
El transformador de encendido causa un aumento del voltaje primario de imán. Este voltaje más alto se requiere para enviar una chispa (pulso secundario) a través de los electrodos de las bujías.

Para un buen funcionamiento, las conexiones (terminales) deben estar limpias y apretadas. Los terminales negativos de cada transformador están conectados juntos y a tierra.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:

Los motores G3606 usan sistemas de enfriamiento de circuitos separados. El agua de las camisas (bloque de cilindros, culatas de cilindros y turbocompresor) están en un circuito y el posenfriador y el enfriador de aceite están en un circuito separado.

Las bombas de agua están montadas en la caja frontal y son accionadas por el tren de engranajes delantero. El refrigerante para el circuito del agua de las camisas lo suministra la bomba de agua del lado derecho. El refrigerante para el circuito del posenfriador y enfriador de aceite lo suministra la bomba del lado izquierdo. Los reguladores de temperatura de agua se utilizan en cada circuito para mantener las temperaturas de operación correctas, se muestra el sistema de enfriamiento de circuitos separados en la Figura 6.



PROCEDIMIENTO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

INSPECCIÓN VISUAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:

La causa de que la temperatura del motor aumente se debe generalmente a que no se inspecciona con regularidad el sistema de enfriamiento. Para esto se debe llevar a cabo una inspección visual del sistema de enfriamiento antes de efectuar una prueba con un equipo de prueba.

En la Tabla 2 se muestran los instrumentos para prueba de sistema de enfriamiento.

ETAPAS DE INSPECCIÓN VISUAL:

1. Después de que el motor se enfríe, afloje la tapa de la presión y hágala girar hasta el primer tope para liberar la presión del Sistema de enfriamiento.
2. Quite la tapa de presión.
3. Compruebe el nivel de refrigerante en el Sistema de enfriamiento
4. Observe si hay fugas en el Sistema.
5. Compruebe que el radiador no tenga aletas dobladas.
6. Inspeccione las correas impulsadoras del ventilado.
7. Compruebe que las paletas del ventilador no estén dañadas.
8. Inspeccione si hay aire o gas de combustión en el Sistema de enfriamiento.
9. Inspeccione la tapa de llenado y la superficie que sella la tapa.

INSTRUMENTOS DE PRUEBA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:

HERRAMIENTAS NECESARIAS		
4C6500	Grupo de termómetro digital	1
6V3121	Grupo de multímetro	1
9S8140	Grupo de bomba de presurización del Sistema de enfriamiento	1

Tabla 2 | TABLA DE INSTRUMENTOS PARA PRUEBA DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

TERMÓMETRO DIGITAL 4C6500

Con el termómetro digital 4C6500 se utiliza para diagnosticar problemas de sobrecalentamiento (el motor más caliente de lo normal) o sobrefriamiento (el motor más frío de lo normal).

Estas herramientas pueden utilizarse para comprobar las temperaturas en diferentes partes del Sistema de enfriamiento

GRUPO MULTITACH 6V3121

El grupo Multitach 6V3121 mostrado en la figura 7. Se utiliza para comprobar la velocidad del motor.

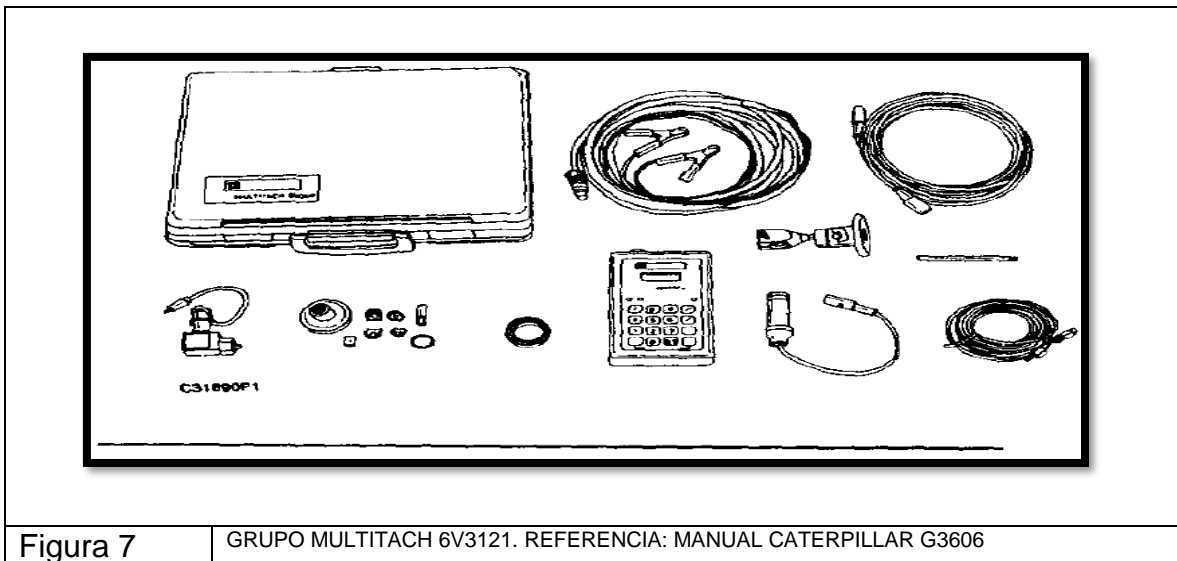


Figura 7

GRUPO MULTITACH 6V3121. REFERENCIA: MANUAL CATERPILLAR G3606

SISTEMA DE ENTRADA Y DE ESCAPE DE AIRE:

Los componentes del sistema de entrada de aire y escape controlan la calidad y cantidad del aire disponible para la combustión.

El múltiple de entrada (pleno de aire) es un conducto dentro del bloque de cilindros. Este conducto conecta el posenfriador a las lumbreras que están en la culata de cilindros.

El árbol de levas controla el movimiento de los componentes del sistema de válvulas.

En la Figura 8 se muestra el diagrama esquemático del sistema de aire.

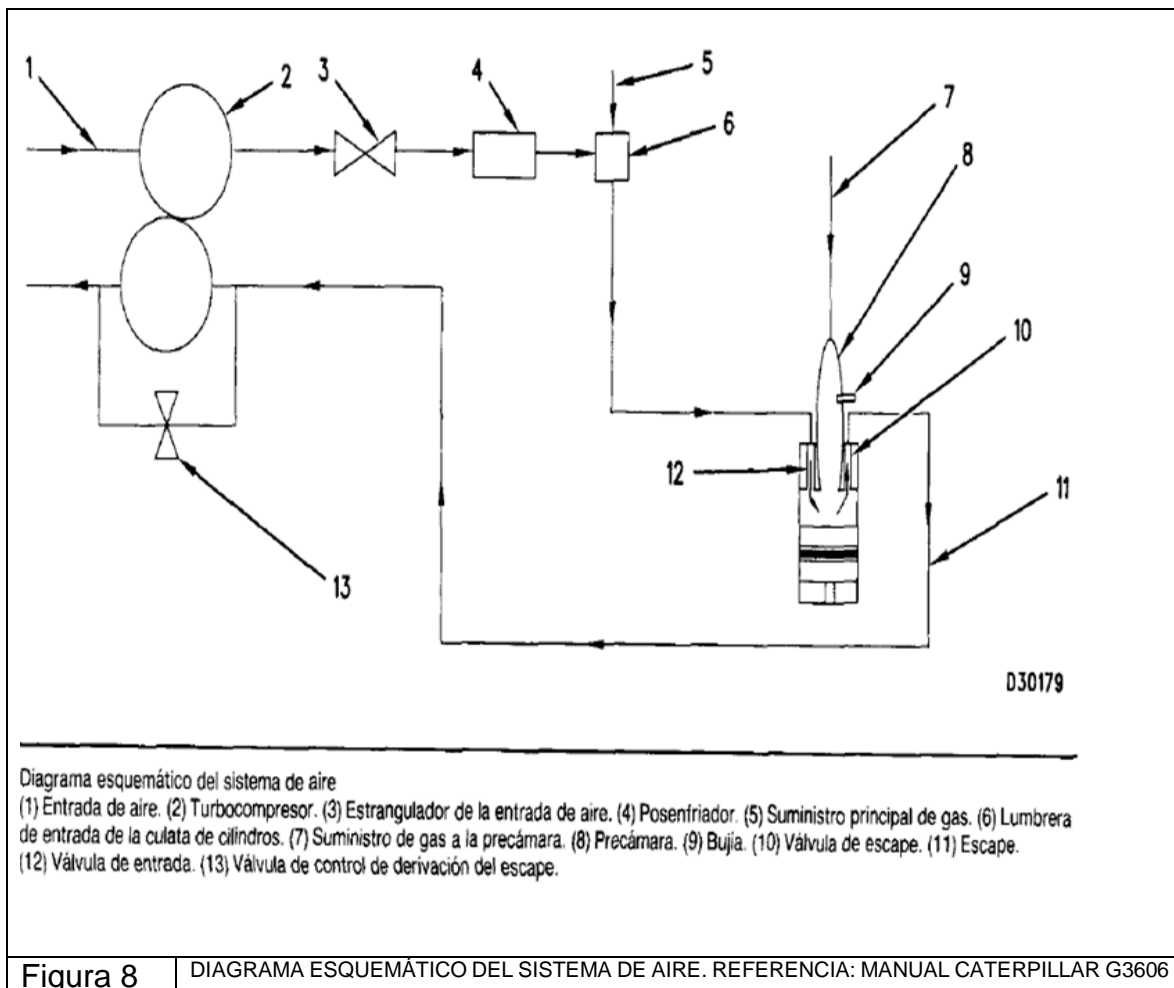


Figura 8

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL SISTEMA DE AIRE. REFERENCIA: MANUAL CATERPILLAR G3606

PROCEDIMIENTO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL SISTEMA DE ENTRADA Y DE ESCAPE DE AIRE:

CALIBRACIÓN DE LA PRECÁMARA:

Se requiere el ajuste correcto de la relación de aire a combustible para asegurar la operación estable y el rendimiento óptimo del motor. La calibración correcta del flujo de combustible de la precámara proporcionará un ajuste de la relación de aire a combustible que dará resultados óptimos en el consumo de combustible y en las emisiones de escape de toda la gama de velocidades de operación y de carga del motor.

PROCEDIMIENTO PARA AJUSTE FINO DE LA PRECAMARA

1. Obtenga un análisis de combustible que el motor estará quemando durante el proceso de ajuste fino.
2. Los datos del análisis de combustible deben integrarse en el programa de software de cantidad de metano de CATERPILLAR.
3. Si este es un arranque después de haberse acabado de reparar el motor (después del reacondicionamiento).
4. Con el motor funcionando en la modalidad de operación normal y un acara mayor o igual al 75 por ciento de carga, ajuste la esfera de BTU para proporcionar un factor de corrección de combustible del 100 por ciento.

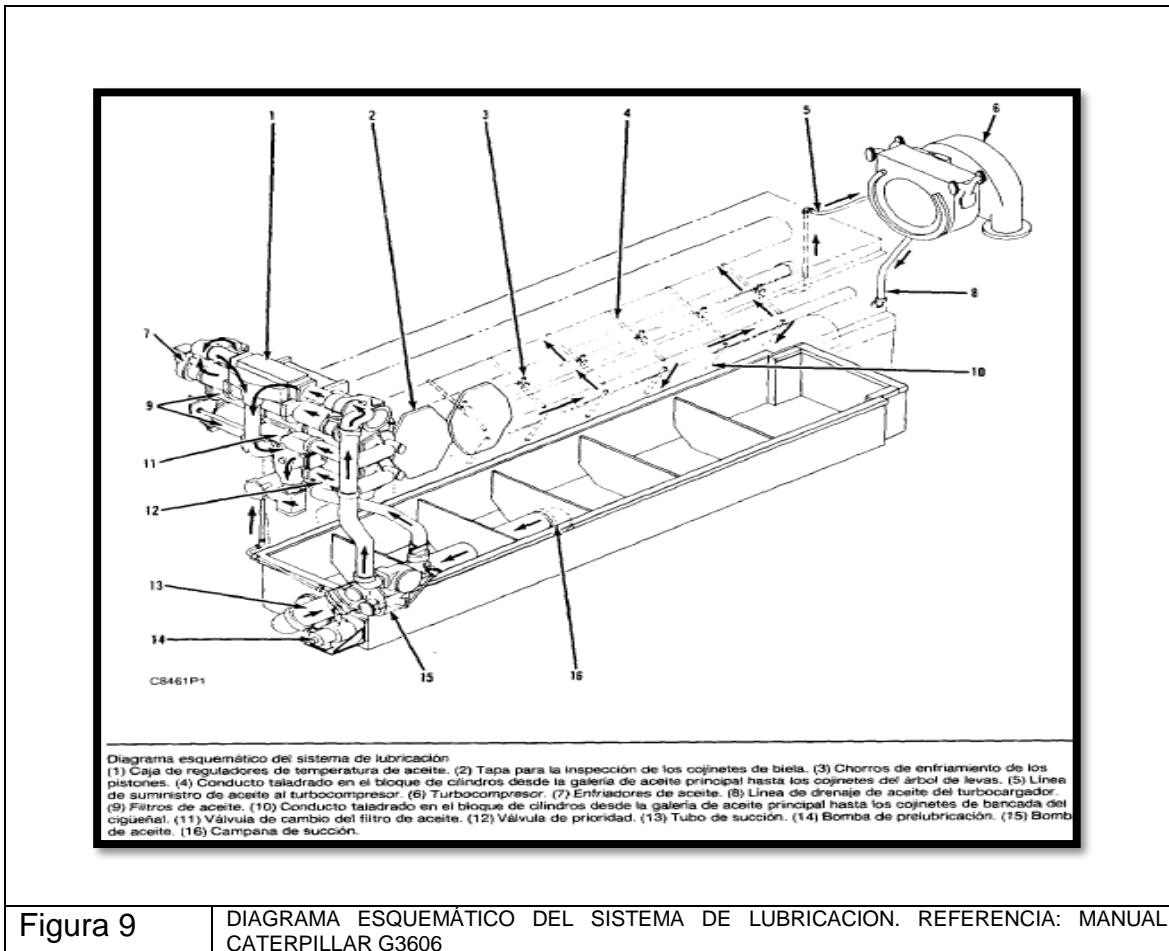
SISTEMA DE LUBRICACION:

BOMBAS DE ACEITE:

La bomba de prelubricación puede ser accionada por un motor eléctrico o un motor neumático. La bomba de prelubricación provee aceite para lubricar los cojinetes del motor antes del arranque del motor y después de que el motor antes del arranque del motor y después de que el motor se ha apagado.

Una válvula de retención de una dirección está situada en la línea que está entre la bomba de prelubricación y el múltiple de aceite. La válvula de retención evita que el aceite presurizado de la bomba de aceite del motor pase a través de la bomba de prelubricación después de que el motor haya arrancado.

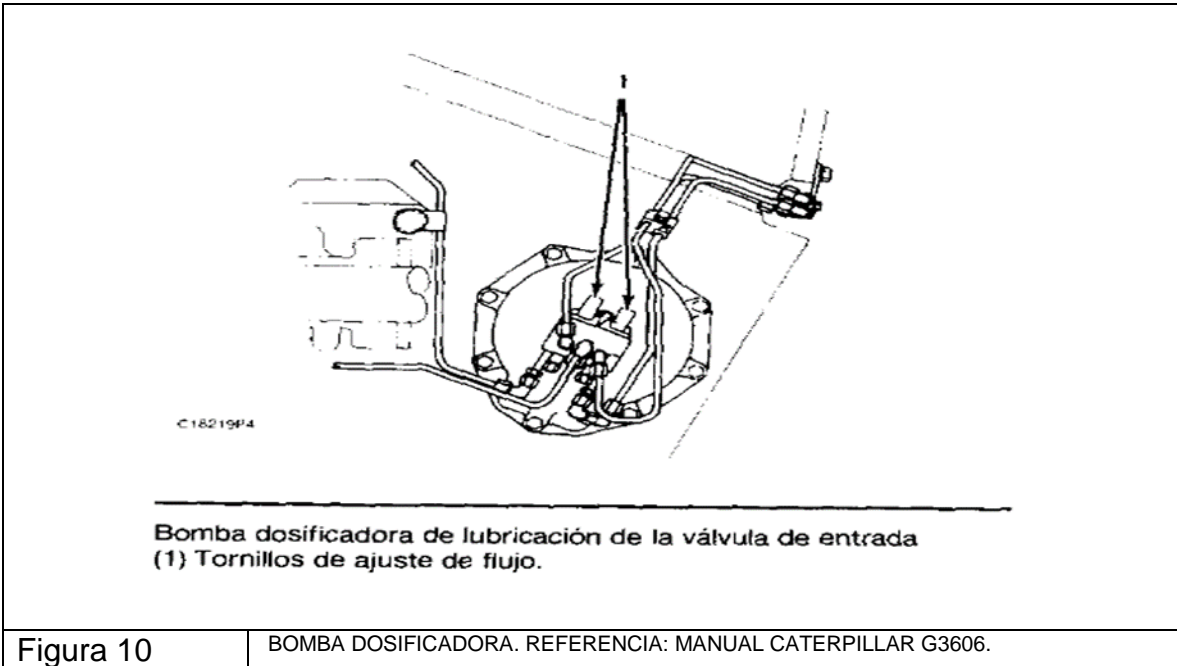
El sistema de supervisión del motor no permitirá que el motor arranque hasta que haya pasado por un ciclo de prelubricación y se haya provisto el mínimo de lubricación de aceite, se muestra Figura 9 sistema de lubricación:



PROCEDIMIENTO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL SISTEMA DE LUBRICACION:

REVISION DE BOMBA DOSIFICADORA DE LUBRICACIÓN DE LA VÁLVULA DE ENTRADA:

Hay una bomba dosificadora de lubricación de la válvula de entrada para lubricar las válvulas para la operación. La válvula se ajusta y, por lo general, no necesitará volverse a ajustar a menos que se reemplace. Se muestra en la siguiente Figura 10.



1. Ajuste el flujo de aceite de la forma siguiente:

a) haga girar ambos tornillos de ajuste hacia la izquierda hasta llegar a la posición totalmente abierta.

b) haga girar ambos tornillos de ajuste hacia la derecha (cerrar) hasta llegar a la posición final:

G3606.....34 chasquidos

MEDICIÓN DE LA PRESIÓN DE ACEITE DEL MOTOR:

Herramientas necesarias	
1U5470 Grupo de presión del motor	1

TABLA 3 Herramientas necesarias para presión del motor.

Un manómetro de aceite que tenga un defecto puede dar una indicación falsa de baja o alta presión de aceite.

LA PRESION DE ACEITE ES BAJA:

La rejilla de admisión del tubo de suministro de la bomba de aceite puede estar obstruida. Esto ocasionará cavitación (burbujas de baja presión que se producen de repente en los líquidos por fuerza mecánica) y una pérdida de presión de aceite. Las fugas de aire en el lado de suministro de la bomba de aceite también ocasionaran cavitación y pérdida de presión de aceite.

Si la válvula de derivación de la bomba de aceite se mantiene en la posición abierta (sin tocar el asiento), el sistema de lubricación no puede alcanzar la presión máxima. Los engranajes de la bomba de aceite que tienen demasiado desgaste ocasionaran una reducción en la presión de aceite.

LA PRESIÓN DE ACEITE ES ALTA:

La presión de aceite será alta si la válvula de derivación de la bomba de aceite no puede moverse de la posición cerrada.

DEMASIADO DESGASTE EN LOS COJINETES:

Cuando algunos componentes del motor muestran desgaste en los cojinetes en poco tiempo, la causa puede ser una obstrucción en un conducto de aceite

SISTEMA DE SUPERVISIÓN DEL MOTOR:

El sistema de supervisión del motor (ESS) ha sido específicamente diseñado para los motores CATERPILLAR G3606. El ESS integra varios sistemas de control que están instalados en el motor. Con la capacidad de comunicarse con los distintos sistemas, el ESS optimiza cada parámetro controlado para asegurar el rendimiento máximo del motor.

Estos sistemas incluyen la lógica de arranque/parada/lubricación, monitoreo y protección del motor, junto con la regulación, la relación de aire a combustible y el control de encendido. El tablero del ESS es el centro de control de los sistemas y contiene los módulos de control de cada sistema.

El sistema de supervisión del motor consta de:

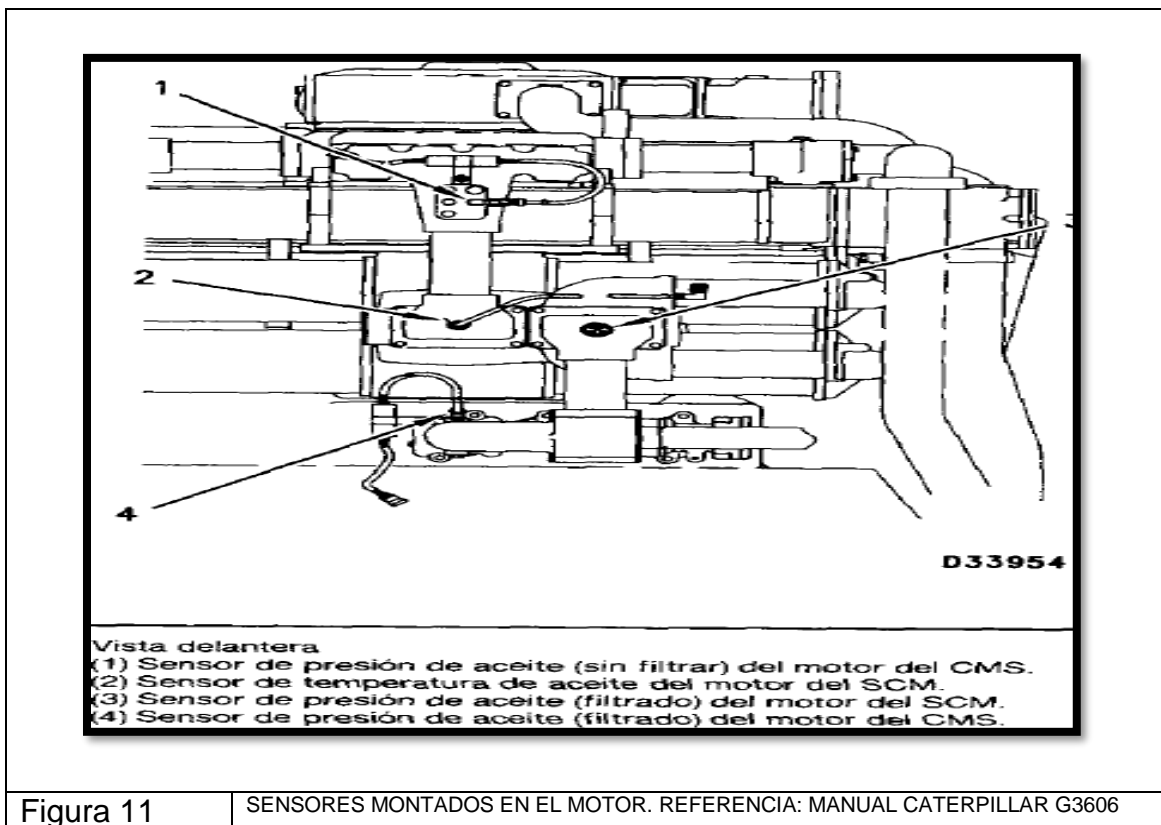
- El tablero de control del Sistema de supervisión del motor (ESS).
- La caja de empalme montada en el motor.
- Los sensores y activadores montados en el motor.
- Relé, selenoides y conmutadores.
- Mazo de cables.

El Sistema de supervisión del motor (ESS) esta subdividido en tres sistemas interactivos:

- Sistema de arranque para prelubricación: controla la acción de la bomba de prelubricación los motores de arranque del motor y la válvula de corte de gas.
- Sistema de monitoreo y protección del motor: provee una pantalla de visualización de los parámetros básicos de funcionamiento del motor, evita que el motor arranque o causa una parada si los parámetros vitales exceden los límites aceptables.
- Sistema de control del motor: proporciona la regulación del motor, controla la relación de aire a combustible.

La siguiente Figura 11, muestra la vista delantera los sensores montados en el motor Caterpillar G3606:

- a) Sensor de presión de aceite sin filtrar del motor del CMS.
- b) Sensor de temperatura de aceite del motor del SCM.
- c) Sensor de presión de aceite (filtrado) del motor de SCM.
- d) Sensor de presión de aceite filtrado del motor de CMS.



PRUEBAS Y AJUSTES:

LOCALIZACIÓN Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS, PROCEDIMIENTOS PARA LA SINCRONIZACIÓN DEL MOTOR.

Muchos procedimientos (desmontaje y montaje, pruebas y ajustes, etc.) requieren que se sincronice el motor o los componentes del motor. Se considera que los motores están “en tiempo” cuando el cilindro número 1 está en la posición del centro superior en la carrera de compresión, el pasador de sincronización en la del cigüeñal está enganchado en el soporte que está fijado al cigüeñal y tanto al árbol de levas como los pasadores de sincronización están enganchados en los agujeros de los conjuntos de árboles de levas.

ROTACIÓN DEL MOTOR:

La rotación del cigüeñal de los motores SAE estándares hacia la izquierda, visto desde el extremo del volante del motor.

PRELUBRICACION DEL MOTOR:

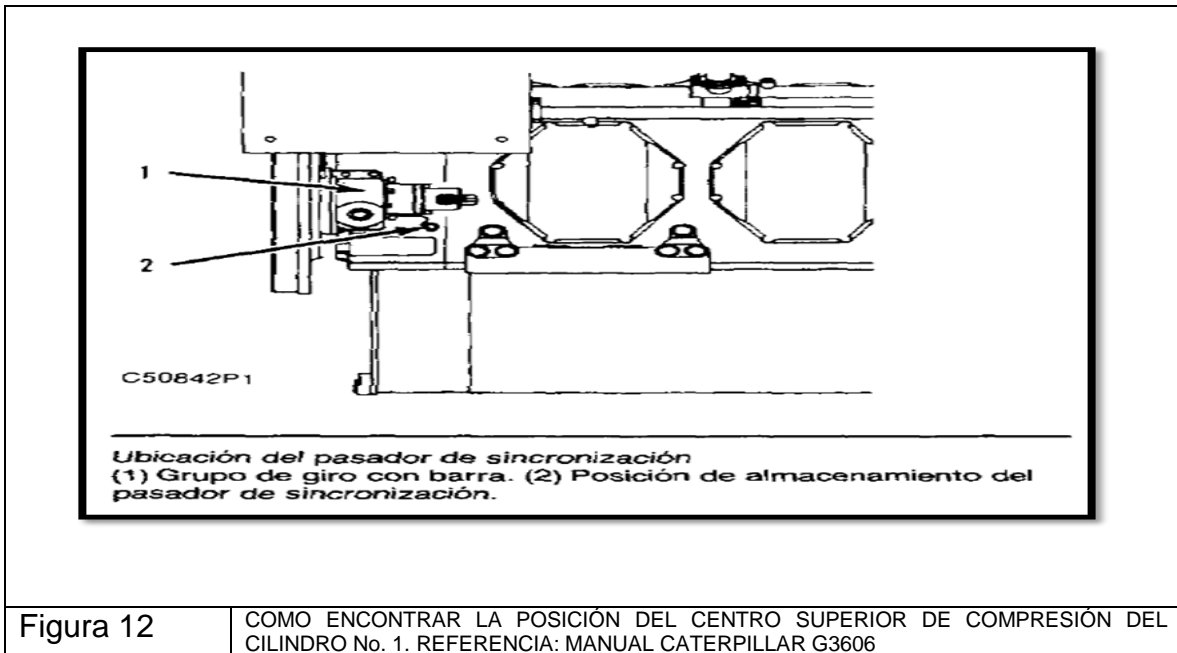
Muchos procedimientos de servicio e inspección requieren que se gire el motor. Se recomienda prelubricar el motor cuando el cigüeñal se gira durante las operaciones normales de mantenimiento. Esto incluye ajustar las válvulas, así como arrancar el motor.

El botón pulsador de prelubricación de aceite de motor, situado en la esquina superior izquierda del tablero del sistema de supervisión del motor, proporciona un método manual para prelubricar el motor.

No debe usarse los motores de arranque neumático o electrónico para girar el motor. Si el motor se gira demasiado rápido, el aceite de la bomba de prelubricación puede que no sea suficiente para proteger el motor.

El motor debe prelubricarse y el grupo de giro con barra manual debe usarse para girar el motor cuando se va a efectuar el trabajo de servicio.

La bomba de prelubricación debe dejarse encendida durante el tiempo que se está girando el motor. Pueden ocurrir daños si el cigüeñal se gira en las superficies secas de los cojinetes.

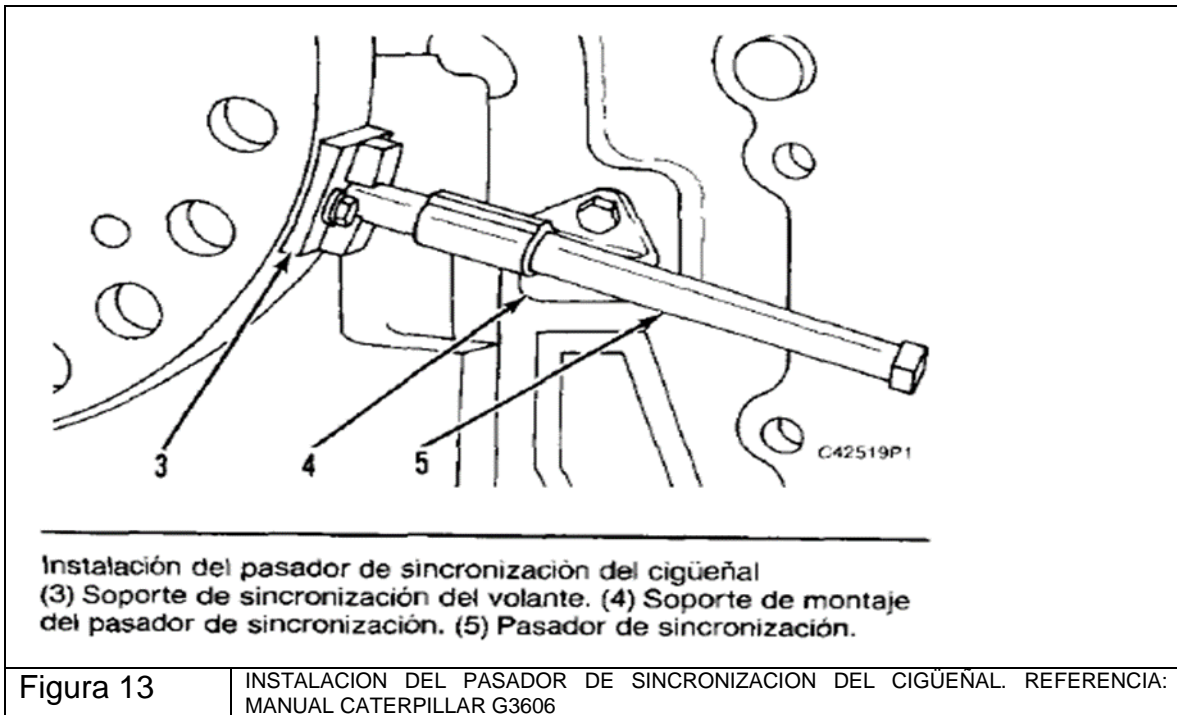


La anterior Figura 12 muestra cómo encontrar la posición del centro superior de compresión del cilindro no. 1.

INSTALACIÓN DEL PASADOR DE SINCRONIZACIÓN DEL CIGÜEÑAL:

Se muestra en la Figura 13.

1. Quitar el pasador de sincronización de la posición de almacenamiento (2) debajo del grupo de giro con barra (1) en el lado derecho de la caja trasera.
2. Prelubricar el motor y use el grupo de giro con barra para girar el volante del motor en la dirección normal de rotación del motor hasta que el pasador de sincronización (5) pueda instalarse a través del soporte de montaje del pasador (4) y quede en el soporte de sincronización del volante (3)
3. Quitar la tapa de la válvula de la culata del cilindro no. 1
4. Las válvulas de entrada y escape del cilindro no. 1 están completamente cerradas si el pistón no. 1 está en la Carrera de compresión y los balancines pueden moverse con la mano. Si los balancines no se pueden mover y las válvulas están ligeramente abiertas, el pistón no. 1



PROCEDIMIENTO DE AJUSTE DE LA GANANCIA DEL ACTIVADOR DE COMBUSTIBLE:

1. Oprima el botón "SELECT MODE" (SELECCIONAR MODALIDAD) en la DDT para visualizar la pantalla número 07 "GOV GAINS" (GANANCIAS DEL REGULADOR).
2. Oprima el botón "SELECT FUNCTION" (SELECCIONAR FUNCION) para visualizar la pantalla número 70 "GOV GAINS" (GANANCIAS DEL REGULADOR).
3. Oprima el botón "ALT2" para aumentar la diferencia de la ganancia del regulador. Oprima el botón "ALT1" para reducir la diferencia de la ganancia del regulador.
4. Ajuste la diferencia de ganancia del regulador para obtener la operación más estable del motor.
5. La diferencia de ganancia del regulador puede regresarse al valor "0" prefijado en la fábrica oprimiendo el botón "0" en la DDT.

REGULACIÓN DEL ACELERADOR:

Ajustar la posición de la placa del acelerador del múltiple de entrada puede mejorar considerablemente la estabilidad del motor cuando el motor está funcionando a baja velocidad y a baja carga. Igualmente, la capacidad de aceptación de carga del motor G3606 puede verse afectada según sea la posición de la placa acelerador cuando el motor está funcionando con carga baja.

En aplicaciones de conjuntos generadores, la estabilidad en vacío es crítica para la sincronización del conjunto generador con la red de energía eléctrica.

En la Tabla 4, se observa la presión recomendada del múltiple de entrada para motores sin carga de motor es:

PRESION RECOMENDADA DEL MULTIPLE DE ADMISION	
RPM del motor	Presión del multiple de admisión
900	40 +5 kpAA*(5.8+.7 lb/pulg ²)
1000	50 +5 kpAA*(7.3+.7 lb/pulg ²)

Tabla 4 PRESION RECOMENDADA DEL MULTIPLE DE ADMISION.
KPAA ES LA PRESIÓN ABSOLUTA MEDIDA EN KILOPASCAL

Estos valores recomendados en el manual son de referencia. Las cargas parasitas afectan la presión del múltiple de admisión. La regulación del acelerador del motor puede y debe ajustarse a un nivel de presión de múltiple que proporcione una estabilidad del motor y capacidad de aceptación de carga óptima para la aplicación específica del motor.

El ajuste óptimo de la posición de la placa del acelerador debe hacer que el puntero del accionador de la válvula de derivación de los gases de escape estén entre el 25 el y 75 por ciento.

CAPÍTULO IV

COSTOS Y BENEFICIOS.

4.1 COSTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El mantenimiento preventivo es minucioso y se refleja en los costos de inversión, la duración para el mantenimiento preventivo del Motocompresor para sus actividades son 2 días, en jornadas para 3 operarios especialistas y 3 ayudantes.

En la Tabla 5, se muestran los consumibles que se ocupan, así como sus costos.

Material	No. De materiales	Precio
Bujía	1	1,200.00
Aceite	600	30,000.00
Filtros de aceite	5	4,500.00
Filtros de aire	2	1000.00
Bandas	6	12,000.00
TOTAL		48,700.00
Tabla 5	Precio de materiales para el mantenimiento preventivo.	

A continuación se muestra la inversión de la mano de obra que describe la cantidad de personales y las categorías correspondientes, así como las horas correspondientes realizadas por el trabajo. Tabla 6.

Categoría	No. De trabajadores	Horas en realizar el trabajo	Salario	Salario total (tiempo arrastre e insalubre)
Operario especialista de combustión interna	1	24	1,295.00	1,880.00
Operario especialista eléctrico	1	8	1,150.00	1,735.00
Operario especialista instrumentista	1	8	1,150.00	1,735.00
Ayudante especialista de combustión interna	1	24	850.00	1,435.00
Ayudante de eléctrico	1	8	780.00	1,365.00
Ayudante de instrumentista	1	8	780.00	1,365.00
TOTAL				9,515.00
Tabla 6	Horas – Salario de mano de obra dedicadas al M.P.			

El costo total del mantenimiento preventivo, se indica en la siguiente Tabla 7, que considera el costo de los consumibles y el costo de la mano de obra.

Costo de los materiales	\$ 48,700.00
Costo de la mano de obra	\$ 9,515.00
Costo total	\$ 58,215.00
Tabla 7	Costo de consumibles y mano de obra.

Se calcula el costo del mantenimiento preventivo el cual se aplica 2 veces al año, mostrado en la Tabla 8.

COSTO	APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO	TOTAL \$
\$ 58,215.00	2 VECES AL AÑO	116,430.00
Tabla 8	Costo de M.P. 2 veces al año.	

En la Tabla 9, se toman los años de vida útil del Motocompresor G3606, por lo cual se tomará en cuenta para sacar el costo total.

COSTO	AÑOS	TOTAL \$
\$ 116,430.00	15	1,746 450.00
Tabla 9	Costo total de 15 años de vida útil.	

4.2 CONSECUENCIAS DE NO APLICAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

En la industria, el aire comprimido es la fuente principal de energía para el accionamiento de máquinas y herramientas. Esto tiene un impacto directo en el funcionamiento operativo y económico.

Aparte de recomendar llevar a cabo el programa de mantenimiento preventivo, también la utilización de repuestos originales, para preservar el óptimo desempeño del Motocompresor.

Cuando el mantenimiento preventivo no se realiza en el Motocompresor se han sufrido directamente las siguientes pérdidas:

8 MMpc (millones de pies cúbicos) que se pierde cada 24 horas y a consecuencia de ello 95,000 pesos diarios por la pérdida de gas.

Claramente, si el sistema de aire comprimido falla, la consecuencia inevitable es pérdida para la empresa.

Un ejemplo muy claro como consecuencia; son los días caídos en producción por falta de aire, con todos los costos asociados a esta situación.

De esta forma, el mantenimiento del Motocompresor es una tarea clave para garantizar la continuidad de las operaciones cuando más se le necesita.

La presencia de compresores en el área de trabajo presentan riesgos, el responsable del área deberá responsabilizarse de que se toman las medidas correctoras pertinentes, ya que se corren consecuencias como se muestra en la Tabla 10.

RIESGOS	CAUSAS	MEDIDAS CORRECTORAS
EXPLOSIONES	Falta de resistencia del material	1. Instalación de Compresores con EXPEDIENTE DE CONTROL DE CALIDAD que garanticen un adecuado diseño y fabricación del aparato. 2. Ser objeto de REVISIONES PERIÓDICAS. Son obligatorias dos tipos de Inspecciones: •>•Anuales •>•Periódicas
	Exceso de presión	3. Instalación de dispositivos que limiten la presión de Servicio a la de Diseño del elemento de la Instalación que la tenga más baja. 4. Instalación de VÁLVULAS DE SEGURIDAD. Cumplirán: •>•Serán precintables, de resorte y levantamiento total. •>•La sobrepresión no sobrepasará el 10% de la presión de tarado de la válvula, cuando ésta descargue a caudal máximo.
	Autoinflamación del aceite de lubricación en la compresión	5. Correcta elección del aceite lubricante, según la Presión de trabajo. •>•Si $P < 20\text{Kg/cm}^2$ su pto. de infl. $> 125^\circ\text{C}$. •>•Si $P > 20\text{Kg/cm}^2$ su pto. de infl. $> 220^\circ\text{C}$.
	Por descarga electrostática	6. Unión de todas las masas y elementos conductores entre sí y a tierra. 7. Mantenimiento de una HUMEDAD relativa del aire del 50-60%.

INCENDIOS	Cortocircuitos eléctricos (en caso de motor eléctrico)	8. Puesta a tierra de todas las masas metálicas, asociada a Interruptores Diferenciales de Media Sensibilidad.
	Inflamación del combustible (en caso de motor de explosión)	9. Instalación de bandejas contra los derrames en los depósitos y contenedores de combustibles. 10. Limpieza periódica de la zona.
	Excesiva temperatura del aire comprimido	11. Control y Regulación de la Temperatura del aire a la salida de la cámara de compresión.
	Excesiva temperatura del aceite de refrigeración (en caso de refrigeración por aceite)	12. Control y Regulación de la Temperatura del aceite de refrigeración. 13. Deberán dejar de funcionar automáticamente en caso de parada de la bomba de aceite.
GOLPES CONTRA OBJETOS	Presencia de obstáculos	14. Adecuada SEÑALIZACIÓN, de: •>•Zonas de tránsito, pasillos. •>•Tuberías, depósitos
GOLPES CONTRA OBJETOS	Inadecuada iluminación	15. INTENSIDADES mínimas de iluminación de: •>•General: 250 lux /400 lux * •>•Zonas de manipulación: 400 lux /400 lux * •>•Accesos y escaleras: 400 lux /350 lux * •>•Zonas de instrumentos: 600 lux / 500 lux * 16. Instalación de ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA. *: valores según el Pliego de Condiciones Técnicas Eléctricas en Baja Tensión de la UPV.
ATRAPAMIENTOS	Presencia de órganos móviles	17. Resguardos fijos que imposibiliten el acceso a los órganos de transmisión entre el motor y el compresor.
CONTACTO ELÉCTRICO DIRECTO	Manipular en la acometida eléctrica (en caso de motores eléctricos)	18. Partes en tensión INACCESIBLES. 19. NORMAS claras y concisas para el caso de avería eléctrica.
CONTACTO ELÉCTRICO INDIRECTO	Fallos en el aislamiento funcional del aparillaje eléctrico (en caso de motores eléctricos)	20. PUESTA A TIERRA de todas las masas metálicas. 21. Instalación de INTERRUPTOR DIFERENCIAL de Media Sensibilidad en el circuito de acometida.
	Deficiente emplazamiento	22. Instalarlos en un emplazamiento a ser posible aislado, que la zona no contenga materiales almacenados o de

		<p>desecho, en recintos bien ventilados, con puertas y techos incombustibles y resistentes al fuego.</p> <p>23. Correcto ANCLAJE sobre bancadas de suficiente masa y apoyos elásticos.</p> <p>24. Respetar distancias a tabiques y columnas. Como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ·> ·0.70 m. a tabiques medianeros ·> ·1.00 m. a paredes exteriores y columnas
	Aspiración del aire y normal funcionamiento de los órganos móviles	<p>25. Situar las entradas del aire de forma que den al exterior del edificio.</p> <p>26. Limpieza periódica de filtros y conducciones.</p> <p>27. Insonorización de los focos de ruido.</p> <p>28. Cabina insonorizada para el personal.</p> <p>29. Empleo de EPI's contra el ruido.</p>
Tabla 10	Tabla de riesgos, causa y medidas preventivas.	

4.3 BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL COMPRESOR G3606

Trabajar con equipos confiables y que operen en mejores condiciones de seguridad, es de vital importancia ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento, esto conlleva a beneficios como:

- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en Almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Los equipos arrojen resultados más confiables y precisos, pues operan en mejores condiciones de seguridad y funcionamiento.
- Disminuyan el tiempo muerto o tiempo de parada de los equipos/máquinas.
- Prolonguen la vida útil del mismo.

- Disminuyan el costo de las reparaciones, en caso de averías.
- Disminuyan los impactos al ambiente
- Ahorro de costos por paro de equipo.

CONCLUSIÓN

La realización de proponer el Mantenimiento Preventivo para el Compresor G3606, es para minimizar problemas de pérdidas en el equipo y aumentar la productividad del Motocompresor, evitando desgastes que favorecen las fallas en el equipo y tiempos muertos en la producción por paro de equipo.

El concebir una máquina como un medio y no como un fin, permite orientar de manera correcta las actividades de mantenimiento que sobre ella se realicen tendientes a la conservación del servicio.

El resultado de costo que resulta: \$ 1,746 450.00 son mínimos al comparativo de las cantidades de pérdidas que se genera por parar horas de trabajo, gastos de material en lugar de inversión al mantenimiento del Motocompresor, sin dejar de lado altos riesgos en cuestión de seguridad.

La realización es considerada con base en las normas de seguridad y basado en el estudio de: manuales de mantenimiento de CATERPILLAR y de acuerdo a la experiencia del personal técnico del taller y el estudio de las normativas técnicas y legales pertinentes.

La correcta comprensión de la relación entre necesidad, máquina, servicio y mantenimiento logrará orientar éste último, de tal forma que en lugar de convertirse en pérdida para una empresa sea una ruta más hacia el logro de sus objetivos; empezando con el mantenimiento preventivo hasta lograr que los trabajadores se involucren en pequeños grupos con actividades de mantenimiento no solo en las líneas de producción, sino que, además lleguen a todas las áreas de la empresa.

Este trabajo de mantenimiento preventivo resguarda la operación correcta del equipo, así como también la integridad física, evitan malas prácticas o prácticas empíricas que traigan como consecuencia daños irremediables en el equipo.

RECOMENDACIONES.

1. Indicar al personal la existencia del manual de mantenimiento preventivo.
2. Llevar o poner en práctica el manual de mantenimiento preventivo.
3. Realizar un análisis de criticidad por parte de la gerencia que permita implementar el plan de mantenimiento propuesto afectando lo menos posible la capacidad de generación de la unidad CATERPILLAR G3606.
4. Realizar un inventario con los repuestos necesarios para así adquirir los mismos de forma oportuna.
5. El manual debe ser mejorado y actualizado, cada vez que se amerite tomando en cuenta los ingresos y la compra de nuevos equipos, así como imprevistos de ejecución diaria.
6. realización de capacitaciones sobre mantenimiento, para retroalimentar el manual de operación.

ANEXOS:

PROCEDIMIENTOS DEL MANUAL.

Procedimiento para el ajuste fino de la precámara

1. Obtenga un análisis del combustible que el motor estará quemando durante el proceso de ajuste fino.
2. Los datos del análisis de combustible deben ingresarse en el programa de software de Cantidad de Metano de Caterpillar (LEKQ4196).
3. Si este es un arranque después de haberse acabado de reparar el motor (después del reacondicionamiento), vaya al Paso 7.
4. Con el motor funcionando en la modalidad de operación normal y una carga mayor o igual al 75 por ciento de carga, ajuste la estera de BTU para proporcionar un factor de corrección de combustible del 100 por ciento.

AVISO

Si el factor de corrección de combustible no está al 100 por ciento cuando el motor se pone en modalidad de calibración de la precámara, la presión del múltiple de entrada cambiará. Esto puede causar que el motor ratee y/o que ocurra detonancia.

Por ejemplo: Si la relación de aire a combustible había sido ajustada previamente cuando la calidad del combustible era 1000 BTU/pies³, y durante la operación normal del motor la calidad del combustible cambió a 1060 BTU/pies³, el sistema ESS aumentará la relación de aire a combustible (más pobre) para mantener el tiempo de quemado de combustible deseado (BT). El factor de corrección de combustible mostrará en la pantalla un valor del 105 por ciento (1060/1000 BTU). Si la modalidad de operación se cambia a PC CAL cuando el factor de corrección de combustible es 105 por ciento, el sistema ESS reducirá automáticamente la presión del múltiple de entrada enviando una señal al activador de la válvula de descarga del escape de que abra. El resultado puede ser que ocurra detonancia en la combustión.

5. Use la DDT para colocar el motor en modalidad de calibración de la precámara oprimiendo el botón "SELECT MODE" (SELECCIONAR MODALIDAD) hasta que la pantalla número 15 (PC CAL) se visualice, luego oprima el botón "SELECT FUNC" (SELECCIONAR FUNCIÓN).

NOTA: Cuando el motor está operando en la modalidad de calibración de la precámara, el sistema automático de relación de aire a combustible se inmoviliza y la relación de aire a combustible es controlada basada en el ajuste de la estera de BTU en lugar del tiempo de quemado de combustible promedio (BT) medido en los cilindros.

NOTA: La combustión (BT) es la cantidad de tiempo, medida en milisegundos (ms), que la llama de combustión viaja desde la bujía hasta la sonda de combustión que está situada en la cámara de combustión, junto al ferrocilindro.

NOTA: La pantalla número 50 de la DDT mostrará el ACT/DES BT (tiempo de quemado de combustible real/deseado) para el cilindro número 1. Siempre que el motor esté en la modalidad de calibración de la precámara, el factor de corrección de combustible se ajusta automáticamente a 100 por ciento y el factor de corrección de combustible, medidor número 3 del CMS en el tablero del ESS, no mostrará las barras rojas de "límite".

6. Ajuste la estera de BTU al valor de BTU de calefacción más bajo real basado en el programa de Cantidad de Metano (del Paso 2). Vaya al paso 10.
7. Ajuste las válvulas de aguja de suministro de la precámara grandolas de dos a cuatro vueltas para abrirlas y ajuste el BTU al valor de calefacción más bajo real (BTU/pies³) según se determine en el programa de Cantidad de Metano (del Paso 2).
8. Use la DDT para poner el motor en la modalidad de calibración de la precámara oprimiendo el botón "SELECT MODE" (SELECCIONAR MODALIDAD) hasta que la pantalla número 15 (PC CAL) se visualice, luego oprima el botón "SELECT FUNC" (SELECCIONAR FUNCIÓN).
9. Arranque el motor, hágalo funcionar a la velocidad indicada y aplique un 75 por ciento de carga indicada.
10. Use las válvulas de aguja de la precámara para ajustar el flujo de combustible y proporcionar el BT deseado dentro de 0,20 ms en todos los cilindros. Oprima el botón "ENTER" (EJECUTAR) de la DDT para el BT de combustión ACT/DES del próximo cilindro consecutivo.

Reducir el flujo de combustible a través de (cerrando) la válvula de aguja alargará el BT, aumentar el flujo de combustible a través de (abriendo) válvula de aguja reducirá el BT.

NOTA: Un flujo excesivo de combustible en la precámara puede causar que se alargue el BT debido a rateo rico.

11. Ponga el motor en la modalidad de operación normal (control automático de la relación de aire a combustible) oprimiendo cualquier botón de la DDT que no sea "ENTER" o "ALT2". El control automático de la relación de aire a combustible comenzará inmediatamente (dando por sentado que el motor ha estado operando con una carga superior al 50 por ciento durante más de tres minutos).

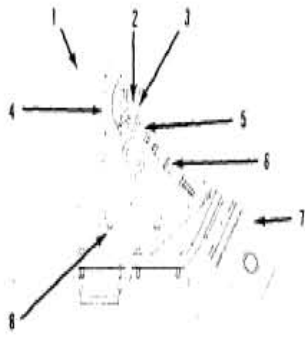
NOTA: El control automático de la relación de aire a combustible comienza después de que el motor ha estado operando durante tres minutos (en modalidad de PC CAL o en modalidad de operación normal) con una carga superior al 50 por ciento. La iluminación de las barras rojas de "límite" en el factor de corrección de combustible, medidor número 3 del CMS, indica que se está efectuando el control automático de la relación de aire a combustible.

Tiempo de quemado del combustible (BT) visualizado

El BT real que se visualiza en la pantalla de la DDT es un valor promedio de los 40 segundos previos de los BT. Durante la operación del motor en modalidad de calibración de la precámara, oprimir la tecla "ALT2" causará que el valor visualizado para el BT real ya no se promedie. Se visualiza un valor no promediado para cada tercer BT del ciclo de combustión. Esta modalidad de operación puede usarse para identificar un cilindro que ratea de forma intermitente. Oprimir la tecla "ALT2" regresará el BT visualizado a un valor promediado.

NOTA: Después de oprimirse la tecla "ALT2" para visualizar un valor BT promediado, el BT visualizado no estará promediado inicialmente. Espere 60 segundos para que el BT se promedie antes de hacer cualquier cambio a la válvula de aguja de la precámara.

Control de combustible (gas)



C60528P1

Varillaje del activador de control de combustible (gas)

(1) Activador. (2) Eje del activador. (3) Palanca. (4) Indicador del activador. (5) Varilla y extremos de las varillas. (6) Horquilla. (7) Válvula de gas de entrada. (8) Pernos de montaje del activador.

El varillaje entre el activador (1) y la válvula de gas de entrada (7) debe ajustarse para sincronizar la trayectoria de la válvula de gas de entrada con la operación del activador.

Procedimiento para ajustar al varillaje del activador de combustible:

1. Ajuste la válvula de gas de entrada (7) a la posición cerrada (empuje firmemente el vástago dentro de la válvula de gas de entrada para asegurar que la válvula esté completamente cerrada).
2. Gire el eje del activador (2) hasta que el activador esté en la posición completamente cerrada (0 en el indicador del activador).
3. Monte la palanca (3) en el eje del activador (2) a 90 grados (vertical), según se muestra.

4. Enrosque igualmente las contratuercas en la varilla y en los extremos de las varillas (5), y ajuste a un largo de 120 mm (4.7 pulg).
 5. Fije la varilla a la palanca (3) y la horquilla (6).
 6. Mientras mantiene la válvula en posición cerrada, gire la horquilla hasta que el indicador del activador (4) esté a $2.0 \pm .5$ grados de la posición cero (cerrada).
- NOTA:** El indicador del activador está calibrado para mostrar el porcentaje, y **no el ángulo**, que la válvula de gas está abierta o cerrada. Una lectura de 2 grados del indicador del activador es igual a aproximadamente un 5 por ciento.
7. Apriete las contratuercas contra los extremos de la varilla a un par de $25 \pm 6 \text{ N}\cdot\text{m}$ ($19 \pm 4 \text{ lb}\cdot\text{pe}$).

Tipo de regulador

Las opciones del menú de los parámetros seleccionables por el cliente (CSP) en la DDT pueden usarse para fijar el ajuste del regulador, el ajuste de caída del regulador y el ajuste de alta en vacío.

Procedimiento de selección del regulador

- (1) Conecte la DDT al ESS. Visualice la pantalla número 32 en la DDT. "GOVERNOR" (REGULADOR) aparecerá visualizado en la línea superior de la pantalla número 32 de la DDT.
- (2) Oprima "ALT1" para cambiar de posición entre las modalidades ISOCHRONOUS (ISOCRONA) y DROOP (CAIDA).
- (3) Oprima "ENTER" (EJECUTAR) para programar la modalidad del regulador deseada en el ESS.

Procedimiento de ajuste de la caída del regulador

- (1) Conecte la DDT al ESS. Visualice la pantalla número 31 en la DDT. "DROOP SETTING" (AJUSTE DE CAIDA) aparecerá visualizado en la línea superior de la pantalla número 31 de la DDT.
- (2) Oprima el botón "ALT1".
- (3) Ingrese el porcentaje deseado de caída del regulador.
- (4) Oprima "ENTER" (EJECUTAR) para programar la caída deseada del regulador en el ESS.

Procedimiento de ajuste de alta en vacío

- (1) Conecte la DDT al ESS. Visualice la pantalla número 30 en la DDT. "ENG HIGH IDLE" (ALTA EN VACÍO DEL MOTOR) aparecerá visualizado en la línea superior de la pantalla número 30 de la DDT.

NOTA: El ajuste inicial de alta en vacío que aparecerá en la pantalla número 30 de la DDT será equivalente al ajuste superior de rpm que se programó en el módulo de personalidad.

- (2) Oprima el botón "ALT1".
- (3) Ingrese la velocidad de alta en vacío deseada en rpm.
- (4) Oprima "ENTER" (EJECUTAR) para programar la velocidad de alta en vacío deseada en el ESS.

Procedimiento de ajuste del regulador

Las características de respuesta del activador de combustible son controladas por los programas de software del módulo de personalidad. Las características de respuesta del activador de combustible pueden cambiarse usando la DDT para ajustar los valores de ganancia, estabilidad o compensación prefijadas. Las tres variables que pueden cambiarse son ganancia, estabilidad y compensación.

En los motores G3600 usados en aplicaciones de conjuntos generadores, hay dos juegos de características de respuesta del activador de combustible programados en el módulo de personalidad. Un juego de características de respuesta provee estabilidad del motor "fuera de la red" para la sincronización y el otro juego de características de respuesta provee estabilidad "en la red". Cualquier cambio en los ajustes del activador de combustible a través de la DDT aplicará tanto a las características de respuesta "fuera de la red" como "en la red".

En los motores G3600 usados en aplicaciones industriales, se recomienda que los ajustes iniciales de ganancia, estabilidad y compensación del regulador se ajusten en "≈15".

Es importante emplear un método sistemático al hacer cambios en los ajustes del regulador. Documente la estabilidad del motor después de cada cambio de ajuste. Para evaluar la estabilidad después de que las compensaciones del regulador se hayan cambiado, hay disponible una tecla "bump" (rechazo) en la DDT. Oprimir la tecla "6" mientras la pantalla número 70, 71 ó 72 de la DDT está visualizada causará que el activador de combustible se abra y se cierre muy rápidamente. Esto se puede hacer con el motor funcionando con carga para documentar cuán bien los ajustes del regulador mantienen la estabilidad.

Procedimiento de ajuste de la ganancia del activador de combustible

1. Oprima el botón "SELECT MODE" (SELECCIONAR MODALIDAD) en la DDT para visualizar la pantalla número 07 "GOV GAINS" (GANANCIAS DEL REGULADOR).
2. Oprima el botón "SELECT FUNCTION" (SELECCIONAR FUNCION) para visualizar la pantalla número 70 "GOV GAINS" (GANANCIAS DEL REGULADOR).
3. Oprima el botón "ALT2" para aumentar la diferencia de la ganancia del regulador. Oprima el botón "ALT1" para reducir la diferencia de la ganancia del regulador.
4. Ajuste la diferencia de ganancia del regulador para obtener la operación más estable del motor.
5. La diferencia de ganancia del regulador puede regresarse al valor de "0" prefijado en la fábrica oprimiendo el botón "0" en la DDT.

NOTA: Los ajustes del valor de "GANANCIA" tienen un efecto directo en la velocidad de la señal de respuesta que se envía al activador de combustible cada vez que existe una diferencia entre las rpm deseadas y las reales. Un aumento excesivo en la diferencia de la "GANANCIA" puede aumentar la inestabilidad del motor.

Procedimiento de ajuste de estabilidad del activador de combustible

1. Oprima el botón "SELECT MODE" (SELECCIONAR MODALIDAD) en la DDT para visualizar la pantalla número 07 "GOV GAINS" (GANANCIAS DEL REGULADOR).
2. Oprima el botón "SELECT FUNCTION" (SELECCIONAR FUNCION) para visualizar la pantalla número 71 "GOV STAB" (ESTABILIZACION DEL REGULADOR).
3. Oprima el botón "ALT2" para aumentar la diferencia de estabilidad del regulador. Oprima el botón "ALT1" para reducir la diferencia de estabilidad del regulador.
4. Ajuste la diferencia de estabilidad del regulador para obtener la operación más estable del motor.
5. La diferencia de estabilidad del regulador puede regresarse al valor de "0" prefijado en la fábrica oprimiendo el botón "0" en la DDT.

NOTA: Los ajustes del valor de "ESTABILIDAD" tendrán un efecto en las características de estabilidad de "irregularidad a bajas revoluciones" y en la cantidad de sobretensión después de una perturbación.

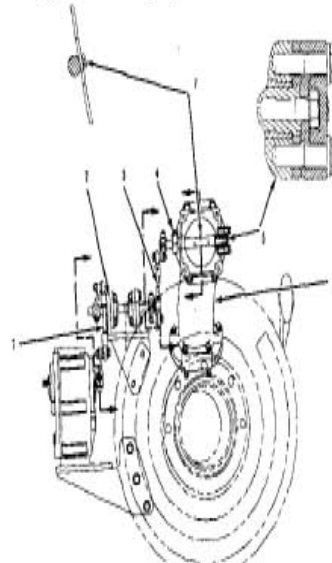
Procedimiento de ajuste de compensación del activador de combustible

1. Oprima el botón "SELECT MODE" (SELECCIONAR MODALIDAD) en la DDT para visualizar la pantalla número 07 "GOV GAINS" (GANANCIAS DEL REGULADOR).
2. Oprima el botón "SELECT FUNCTION" (SELECCIONAR FUNCION) para visualizar la pantalla número 72 "GOV COMP" (COMPENSACION DEL REGULADOR).
3. Oprima el botón "ALT2" para aumentar la diferencia de compensación del regulador. Oprima el botón "ALT1" para reducir la diferencia de compensación del regulador.
4. Ajuste la diferencia de compensación del regulador para obtener la operación más estable del motor.
5. La diferencia de compensación del regulador puede regresarse al valor de "0" prefijado en la fábrica oprimiendo el botón "0" en la DDT.

NOTA: Los ajustes del valor de "COMP" (COMPENSACION) tienen un efecto en la atenuación de la señal de comando que se envía al activador de combustible. Un aumento excesivo de "COMP" (COMPENSACION) puede causar un aumento en la amplitud de inestabilidad de alta frecuencia.

NOTA: Para evitar que se cambie a cero cualquiera de los ajustes que se hayan hecho, siempre use la tecla "SELECT MODE" (SELECCIONAR MODALIDAD) para salir de las pantallas números 70, 71 y 72.

Grupo de derivación de escape (válvula de descarga del escape)



Procedimiento de montaje y ajuste del varillaje de derivación del escape:

1. Monte la placa de la válvula de descarga del escape en el eje, dejando los pernos de montaje flojos.
2. Monte e instale el conjunto de tope axial, arandela y cubierta.
3. Mantenga la placa de la válvula de descarga del escape en la posición completamente cerrada y apriete los pernos de montaje a un par de $14 \pm 3 \text{ N}\cdot\text{m}$ ($10 \pm 2 \text{ lb}\cdot\text{pie}$).
4. Monte la abrazadera dividida en el eje a una distancia de $6.0 \pm 1.0 \text{ mm}$ ($0.24 \pm .04 \text{ pulg}$) del borde de la caja del codo de derivación del escape.
5. Instale las palancas (enchavetadas) en el eje de la válvula de descarga del escape y en el extremo de la válvula del eje de cruce.
6. Enrosque uniformemente los extremos de la varilla en la varilla ajustable y ajuste la varilla que está entre la válvula de descarga del escape y el eje de cruce a un largo de $143.5 \pm 1.5 \text{ mm}$ ($5.65 \pm .06 \text{ pulg}$).
7. Instale la varilla y los extremos de la varilla y ajuste el largo de manera que la palanca del eje de cruce esté en un ángulo de 45.0 ± 1.5 grados hacia la izquierda de la línea central horizontal del eje de cruce cuando la válvula de descarga del escape se mantenga en la posición completamente cerrada.
8. Instale la palanca (enchavetada) en el extremo del activador del eje de cruce.

9. Enrosque uniformemente los extremos de la varilla en la varilla ajustable y ajuste la varilla que está entre el eje de cruce y el activador a un largo de 148.5 ± 1.5 mm (5.85 ± 0.6 pulg).

10. Instale la palanca del activador "estricta" en el eje del activador y ajuste el largo de la varilla de manera que la palanca esté en un ángulo de $40,0 \pm 1,25$ grados de la línea central vertical de eje del activador cuando la válvula de descarga del escape se mantenga en la posición completamente cerrada.

NOTA: El puntero del activador debe apuntar a la posición cero y tocar el tipo inferior del activador.

11. Mueva la válvula de descarga de escape a la posición completamente abierta y compruebe que el activador esté contra el tipo inferior y el puntero del activador apunte a la posición de 100 por ciento.

NOTA: La placa de la válvula de descarga del escape está montada descentrada en el eje. En la posición completamente abierta, la parte superior de la placa no debe estar más horizontal. Ajuste el largo de la varilla que está entre la válvula de descarga del escape y el eje de cruce para evitar que la placa quede más horizontal.

Ajustes del activador de la válvula de descarga del escape

El activador de la válvula de descarga del escape recibe una señal de comando del ECM basada en la diferencia entre la relación de aire a combustible deseada y la relación de aire a combustible real. Las características de respuesta del activador de la válvula de descarga del escape son controladas por los programas de software de módulo de personalidad. Las características de respuesta del activador de la válvula de descarga del escape pueden cambiarse usando un DOT para ajustar los valores de ganancia, estabilidad y compensación prefijados.

Procedimiento de ajuste de la ganancia del activador de la válvula de descarga del escape

1. Oprima el botón "SELECT MODE" (SELECCIONAR MODALIDAD) en la DOT para visualizar la pantalla número 08 "WAST GAIN" (GANANCIAS DE LA VALVULA DE DESCARGA DEL ESCAPE).
2. Oprima el botón "SELECT FUNCTION" (SELECCIONAR FUNCION) para visualizar la pantalla número 80 "WAST GAIN" (GANANCIAS DE LA VALVULA DE DESCARGA DEL ESCAPE).
3. Oprima el botón "ALT2" para aumentar la diferencia de la ganancia del activador de la válvula de descarga del escape. Oprima el botón "ALT1" para reducir la diferencia de la ganancia del activador de la válvula de descarga del escape.
4. Ajuste la diferencia de ganancia del activador de la válvula de descarga del escape para obtener la presión más estable del múltiple de entrada.
5. La diferencia de ganancia del activador de la válvula de descarga del escape puede regresar al valor de "C" prefijado en la fábrica oprimiendo el botón "C" en la DOT.

NOTA: Los ajustes del valor de "GANANCIA" tienen un efecto directo en la velocidad de la señal de respuesta que se envía al activador de la válvula de descarga de escape siempre que hay una diferencia entre la presión deseada del múltiple de entrada y la presión real del múltiple de entrada. Un aumento excesivo en la "GANANCIA" puede aumentar la inestabilidad del motor.

Procedimiento de regulación electrónica del acelerador

1. Ajuste la condición de operación del motor a: velocidad indicada, sin carga, (o la carga mínima posible).
2. Conecte la DDT al sistema de supervisión del motor (ESS). Visualice la pantalla número 33 de la DDT oprimiendo la tecla "SELECT MODE" (SELECCIONAR MODALIDAD) para visualizar la pantalla número 33 MENU CSP (parámetros seleccionables por el cliente). Luego oprima la tecla "SELECT FUNC" (SELECCIONAR FUNCION) para visualizar la pantalla número 33. O simplemente ingrese el número 33 y oprima "ENTER" (EJECUTAR).

Aparecerá la pantalla número 33 en la DDT:

REGULACION DEL ACELERADOR

00 40/0900 33<

Los números en la segunda línea de la pantalla son:

El número de "DESCOMPENSACION" de regulación del acelerador que indica el grado de descompensación que se ha ingresado utilizando las teclas "ALT1" y "ALT2". La cantidad de descompensación de regulación del acelerador; 00 representa el ajuste implícito de fábrica. 40/0900-Presión del múltiple de entrada (kPaa)/Velocidad del motor (rpm).

NOTA: kPaas es una presión absoluta medida en kilopascal.

3. En la pantalla número 33 de la DDT, cuando se oprimen los botones "ALT1" o "ALT2", se envía una señal de comando al accionador del acelerador para cambiar la posición de la placa del acelerador.
Para aumentar la presión del múltiple de entrada, oprima la tecla "ALT2". (El número de descompensación en la pantalla de la DDT se reducirá en uno cada vez que se oprima la tecla "ALT2".)
Oprima la tecla "ALT1" para reducir la presión del múltiple de entrada. (El número de descompensación en la pantalla de la DDT aumentará en uno cada vez que se oprima la tecla "ALT1".)

Este proceso deberá hacerse lentamente. Haga una pausa después de cada ajuste para dejar que el motor responda al cambio de presión del múltiple de entrada.

Monitoree lo siguiente:

- la presión del múltiple de entrada
- la estabilidad de las rpm del motor
- la posición del accionador del acelerador
- la posición del accionador de la válvula de descarga del escape
- los tiempos de quemado de combustión de los cilindros individuales
- las temperaturas de las lumbreras de escape de los cilindros individuales

Para monitorear el rateo individual de los cilindros, alterne entre la modalidad de regulación del acelerador y la modalidad de calibración de la precámara.

- a. Oprima la tecla de "SELECT MODE" (SELECCIONAR MODALIDAD) para visualizar PC CAL MODE.
- b. Oprima la tecla "SELECT FUNC" (SELECCIONAR FUNCION) para operar el motor en la modalidad de calibración de la precámara.
- c. Oprima la tecla "ALT2" para visualizar el BT de la combustión como un número no promedio.
- d. Oprima la tecla "ENTER" (EJECUTAR) para monitorear los cilindros individuales.

Un BT de combustión mayor de 10 ms debe considerarse como un rateo. La frecuencia del rateo se reducirá cuando se regule de forma adecuada el acelerador del motor.

NOTA: No cierre demasiado el acelerador del motor, ya que puede reducirse la capacidad de aceptación de carga.

4. Si la estabilidad del motor no es aceptable después de haber terminado la regulación del acelerador de forma adecuada, consulte el Procedimiento de Ajuste del Regulador de este manual.

NOTA: La posición de la placa del acelerador puede regresarse al ajuste de fábrica que está programado en el módulo de personalidad oprimiendo el botón "0" mientras la pantalla número 33 de la DDT está visualizada.

Oprimir "ENTER" (EJECUTAR), mientras la pantalla número 33 de la DDT está visualizada cambiará la pantalla de regulación del acelerador para que muestre:

REGULACION DEL ACELERADOR

00 00/00 kPa 33<

Los números en la segunda línea son: Descompensación de la regulación del acelerador, presión real del múltiple de entrada (kPa)/Presión deseada del múltiple de entrada (kPa).

NOTA: Un cambio en el consumo de combustible debido a un cambio en la estabilidad del motor (rateo), cambiará la presión "deseada" del múltiple.

Tal como se describe anteriormente, es posible cambiar la presión real del múltiple de entrada desde esta pantalla utilizando los botones "ALT1" y "ALT2" para ajustar la posición de la placa del acelerador.

Oprimir "ENTER" (EJECUTAR) mientras la pantalla número 33 de la DDT está visualizada hará que la pantalla de regulación del acelerador vuelva a mostrar la presión real del múltiple de entrada y las rpm del motor.

NOTA: Para evitar que los ajustes que haya hecho se pongan en cero, utilice siempre la tecla "SELECT MODE" (SELECCIONAR MODALIDAD) para salir de la pantalla número 33.

Procedimiento de regulación mecánica del acelerador

La presión del múltiple de entrada puede ajustarse cambiando el largo del varillaje de la biela entre el accionador del acelerador y la placa del acelerador. Consulte el manual de Especificaciones del G3600 para obtener las especificaciones de ajuste del varillaje del acelerador.

1. Ajuste la condición de operación del motor a: velocidad indicada, sin carga (o carga mínima posible).
2. Afloje las contratuercas del varillaje que conecta el accionador del acelerador a la placa del acelerador. Esta biela tiene roscas izquierdas y derechas en los extremos opuestos.
3. Para cambiar la presión del múltiple de entrada, ajuste el largo del varillaje.

NOTA: Aumentar el largo de la conexión puede desconectar la biela del conjunto de biela.

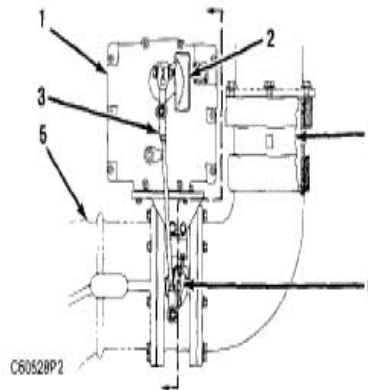
Este proceso debe hacerse lentamente. Haga una pausa después de cada ajuste para dejar que el motor responda al cambio en la presión del múltiple de entrada.

Monitoree lo siguiente:

- la presión del múltiple de entrada
- la estabilidad de las rpm del motor
- la posición del accionador del acelerador
- la posición del accionador de la válvula de descarga del escape
- los tiempos de quemado de combustible de los cilindros individuales
- las temperaturas de las lumbreras de escape de los cilindros individuales

4. Después de haber terminado el proceso de regulación del acelerador, apriete las contratuercas del varillaje.
5. Asegúrese de que todos los cilindros funcionen comprobando los tiempos de quemado de combustible de los cilindros (pantalla número 14 de la DDT). Un tiempo de quemado de combustible mayor de 12 ms indica que el cilindro está rateando. Compruebe también si las lumbreras de escape de los cilindros tienen temperaturas bajas. Si la estabilidad del motor es inaceptable después de haber realizado el procedimiento de regulación del acelerador, consulte el Procedimiento de Ajuste del Regulador en este manual.

Líneas de aire (estrangulador)



Ajuste de las líneas de aire (estrangulador)

- (1) Palanca y eje del activador. (2) Indicador del activador.
(3) Varillas ajustables y extremos. (4) Entrada de aire desde el turbocompresor. (5) Posenriador. (6) Placa de estrangulación.

Emplee el procedimiento siguiente para montar y ajustar el varillaje de las líneas de aire (estrangulador).

1. Quite la varilla y los extremos de las varillas.
2. Mientras sostiene el eje del activador en la posición cerrada (100 por ciento), monte la palanca del activador en el eje del activador en un ángulo de 3 grados en posición vertical (hacia el posenriador).
4. Monte los extremos de las varillas en la varilla ajustable enroscándolos para que ambos queden iguales.
5. Instale la varilla ajustable y ajuste el largo de la varilla de manera que la placa del estrangulador esté completamente cerrada y el indicador del activador esté $3,0 \pm 0,5$ grados de la posición cerrada (100 por ciento).

NOTA: El indicador del activador esté calibrado para mostrar el porcentaje y **no el ángulo** que la placa del estrangulador está abierta o cerrada. 3 grados es igual a aproximadamente 5 por ciento.

6. Apriete las tuercas de tope en los extremos de la varilla a un par de $25 \pm 6 \text{ N}\cdot\text{m}$ ($19 \pm 4 \text{ lb}\cdot\text{pie}$)

El ajuste y lubricación correctos del varillaje del accionador mecánico debe resultar en una buena operación del motor en toda la gama de velocidad y carga. Si no se encuentra inestabilidad de la carga del motor, y se ajusta correctamente el varillaje mecánico, la herramienta de diagnóstico digital puede utilizarse para "hacer el ajuste fino" del accionador para mejorar la operación de motor en condiciones sin carga. Utilice la modalidad 'REGULACION DEL ACELERADOR' y las instrucciones incluidas con la DDT para hacer los ajustes.

Procedimiento de calibración del módulo de presión

A fin de controlar de forma correcta la relación de aire a combustible, es necesario que la lectura del sensor de presión del múltiple de entrada sea exacta. Con el motor parado y el conmutador de control de modalidad del tablero del ESS puesto en la posición de "PARADA", lea la presión del múltiple de entrada que se muestra en el medidor número 4 del CMS. La presión del múltiple de entrada es una lectura de presión absoluta. La presión ambiente variará según la altitud del lugar donde se encuentre el motor y las condiciones del clima. Si la lectura de la presión del múltiple no está dentro de un ± 1 kPa a la presión ambiente, se deberá utilizar el procedimiento de calibración siguiente.

1. Ponga el conmutador de control de modalidad en "STOP (PARADA)".
2. Después de que el motor haya estado parado durante un minuto, muéstre y registre el ajuste de BTU.
3. Ajuste el valor de energía de combustible a 910 BTU.
4. Seleccione la pantalla de presión del múltiple de entrada medidor número 4 del CMS.
5. Conecte un cable auxiliar entre el terminal 273 en el tablero del ESS y el borne negativo de la batería. Espere diez segundos.
6. Ajuste la esfera del contenido de energía de combustible hasta que la lectura de presión de aire del CMS (medidor número 4) concuerde con la lectura del manómetro independiente para una presión ambiente absoluta.

NOTA: Si no tiene disponible un manómetro independiente para medir la presión ambiente absoluta, la estación de tiempo local o el aeropuerto debe poder proporcionar dicha información.

7. Espere un minuto y vuelva a comprobar la lectura de presión del múltiple de entrada.
8. Repita los pasos 6 y 7 si ha cambiado a lectura de presión del múltiple.
9. Quite los cables auxiliares.
10. Vuelva a poner el ajuste del contenido de energía de combustible en el valor de ETU original.

Calibración del sensor de presión de aceite

El motor G3600 tiene tres sensores de presión de aceite. Uno de los sensores proporciona una lectura de presión de aceite para el módulo de control de estación. Los otros dos sensores proporcionan los datos al medidor del CMS para la presión de aceite filtrado y la presión diferencial del filtro de aceite. Siga el procedimiento siguiente para calibrar los sensores de presión de aceite.

1. Quite las tapas de los sensores de presión de aceite existentes. Haga girar el MCS a la posición OFF/RESET (DESCONECTADO/REPOSICION). El tablero del ESS deberá estar completamente desenergizado.
2. Haga girar el MCS hacia la posición STOP (PARADA).
3. Monitoree la pantalla número 65 de la DDT para ver la situación del Conmutador de Prelubricación. Deberá marcar "NOT READY" (NO LISTO).
4. El MCS deberá permanecer en la posición de PARADA durante cinco minutos con el conmutador de prelubricación abierto para que se efectúe la calibración.
5. Después de transcurridos cinco minutos, el medidor 5 del CMS de Presión de Aceite deberá marcar "0" para indicar que la calibración ha terminado.

Lista de Referencias:

1. López, Manuel. (2010). Definición de mantenimiento. Recuperado de http://www.itsteziutlan.edu.mx/site2010/index.php?option=com_content&view=article&id=685:conceptos-basicos-sobre-mantenimiento-industrial&catid=27:articulos&Itemid=288
2. Villanueva, Enrique. (1998). La productividad en el mantenimiento industrial. Distrito Federal, México: Cecsá.
3. Newbrough, E.T. (1967). Administración de mantenimiento industrial. Distrito Federal, México: Diana.
4. Shirose, Kunio. (2000). TPM para mandos intermedios de fábrica. Madrid, España: Productivity Press.
5. Tajari, Masaji & Gotoh, Fumio. (1992). TPM implementación. Washington Dc. E.U.A: Mac Graw Hill.
6. Seiichi, Nakajima. (1993). Introducción al TPM. Madrid, España: TGP.
7. Mehdi, Al-Radhi. (1997). Moderne Instandhaltung TPM. Berlín, Alemania: Hanser.
8. Carrasco, Emilio. (2007). Programas de mantenimiento. Recuperado de <https://fidestec.com/blog/programa-mantenimiento-preventivo/>
9. González, José. (2010). PEMEX. Recuperado de <https://vdocuments.mx/nrf-132-pemex-2013.html>
10. Cárdenas, Miguel. (2008). Tipos de compresores. Recuperado de <https://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/diferentes-tipos-compresores>
11. Álvarez, Jesús. (2013). Mantenimiento Preventivos en los compresores dentro del ámbito industrial. Recuperado de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgd/cabrera_r_j/capitulo_3.pdf
12. Ortiz, Cesar. (2015). Fallas comunes en los compresores. Recuperado de https://www.chemours.com/Refrigerants/es_MX/news_events/noticias_tecnicas/mayo/boltecnico_fallacompresor.html

BIBLIOGRAFÍA.

1. American Petroleum Institute “API 2030 Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum and Petrochemical Industries”. (2005).
2. Comisión Venezolana de Normas Industriales “COVENIN 1040 Extintores Portátiles” (1989).
3. Petróleos de Venezuela S.A. “PDVSA IR-M-03 Sistemas de Agua Contra Incendio” (1999).
4. Storch de García, J.M. “Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras” Volumen I. Madrid.
5. Departamento de Diseño Mecánico de Inelectra. Revisión 1 (15 de febrero de 1995).
6. Diseño Avanzado de los Sistemas G.L. Ingeniería C.A. Consultores
7. Fixed Foam System Components. Williams Fire & Hazard Control, Inc.
8. Mataix, C. (1988). Turbomáquinas térmicas. (2 ed.). Mexico: Dossat SA.
9. Richard, w. (2012.). Compresore: selección, uso y mantenimiento. (2 ed.). México: Dossat SA.
10. Yunus, A. M. (2009.). Termodinámica. (6 ed.). México: Editorial mexicana.