

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**REPARACIÓN GENERAL Y MANTENIMIENTO DEL
GRUPO ELECTROGENO MARCA CAT MAK MODELO
16CM32**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

LEONARDO JESÚS PÉREZ CHOQUEZ

PROMOCIÓN 2 008-II

LIMA - PERÚ

2 014

A mis Padres, Hermano, Esposa, Familiares, Amigos, Técnicos e Ingenieros.

INDICE

Prologo	1
Capítulo 1: Introducción	3
1.1. Objetivo	3
1.2. Resumen	4
1.3. Datos de la Empresa ORVISA S.A.	4
1.4. Datos de la Empresa ELECTRO ORIENTE S.A.	6
Capítulo 2: Fundamento y Descripción del Grupo Electrónico Cat Mak	10
2.1. Fundamento del motor de combustión interna	10
2.1.1 Ciclos termodinámicos de los motores	10
2.1.1.1 Ciclo termodinámico de los motores diesel	11
2.1.2 Parámetros Indicados	12
2.1.2.1 Presión media indicada	12
2.1.2.2 Potencia Indicada	13

2.1.2.3 Rendimiento y consumo específico indicado de combustible	14
2.1.3 Parámetros efectivos	15
2.1.3.1 Potencia efectiva y pérdidas mecánicas	15
2.1.3.2 Rendimiento y consumo específico de combustible	18
2.1.4 Curvas características de motores	19
2.1.4.1 Curva de potencia	19
2.1.4.2 Curva de par motor	19
2.1.4.3 Curva del consumo específico	19
2.1.5 Toxicidad de los motores de combustión interna	20
2.1.5.1 Composición de los gases de escape	20
2.2 Descripción del motor de combustión interna	22
2.2.1 Nomenclatura del motor Cat Mak	22
2.2.2 Modelos de motores Cat Mak	22
2.2.3 Diseño de motor Cat Mak 16CM32	23
2.2.4 Dimensiones Generales del motor Cat Mak 16CM32	27
2.2.5 Especificaciones Técnicas.	29
2.2.6 Componentes del motor de combustión interna	29
2.2.6.1 Culata	29
2.2.6.2 Pistón	31

2.2.6.3 Camisa o cilindro	33
2.2.6.4 Bomba de inyección e inyectores	34
2.2.6.5 Cigüeñal	36
2.2.6.6 Biela	38
2.2.6.7 Eje de levas	39
2.2.6.8 Turbocompresor	40
2.3 Sistemas del motor de combustión interna	42
2.3.1 Sistema de lubricación del motor	42
2.3.2 Sistema de combustible del motor	44
2.3.3 Sistema de refrigeración del motor	47
2.3.4 Sistema de aire admisión y gases de escape del motor	49
2.4 Fundamento del generador	50
2.5 Descripción del generador	52
2.6 Fundamento del tablero de control	52
2.6.1 Conceptos del control de equipos y monitoreo	52
2.6.2 Sistema de gestión Gen-Set Management System – GMS	52
2.6.3 Funciones del tablero de control	54
2.6.4 Sistema de control de velocidad del motor	55
2.7 Descripción del tablero de control	56

2.7.1 Características técnicas del tablero de control	56
Capítulo 3: Sistemas Auxiliares del Grupo Electrónico Cat Mak	58
3.1. Sistema de aire de arranque e instrumentación	58
3.1.1. Componentes	58
3.1.2. Funcionamiento	59
3.2. Sistema de lubricación	59
3.2.1. Componentes	60
3.2.2. Funcionamiento	61
3.3. Sistema de refrigeración	61
3.3.1. Componentes	61
3.3.2. Funcionamiento	63
3.4. Sistema de combustible	63
3.4.1. Componentes	64
3.4.2. Funcionamiento	65
3.5. Sistema de gases de escape y aire de admisión	66
3.5.1. Componentes	66
3.5.2. Funcionamiento	68
Capítulo 4: Teorías de Mantenimiento	69
4.1. El Concepto Básico	69

4.2. Objetivos del Mantenimiento	70
4.3. Tipos de Mantenimiento	71
4.3.1. Mantenimiento reactivo (MR)	72
4.3.2. Mantenimiento proactivo (MPA)	73
4.3.2.1. Mantenimiento preventivo (MP)	73
4.3.2.2. Mantenimiento predictivo (MPd)	76
4.4.2.3. Mantenimiento productivo total (TPM)	78
Capítulo 5: Diagnóstico de Falla del Motor de Combustión Interna	82
5.1. Síntoma de la falla	82
5.2. Antecedentes	83
5.2.1. Historial del aceite	83
5.2.2. Registro de datos de operación	83
5.2.3. Mantenimientos y reparación anteriores	84
5.2.4. Inspección de componentes	85
5.3. Análisis de la Falla	85
5.4. Resultado del Análisis - Causa Raíz	87
Cap. 6: Reparación General Mantenimiento del Motor de Combustión Interna	88
6.1. Labores en el Motor (Reparación General y Mantenimiento)	88
6.1.1. Labores en el cigüeñal	88

6.1.2. Labores en el block	90
6.1.3. Labores en las cámaras de distribución de agua de refrigeración	91
6.1.4. Labores en las camisas	92
6.1.5. Labores en las bielas	92
6.1.6. Labores en los pistones	92
6.1.7. Labores en las culatas	92
6.1.8. Labores en los ejes de levas	94
6.1.9. Labores en las bombas de inyección de combustible	95
6.1.10. Labores en el gobernador de combustible	95
6.1.11. Labores en los turbocompresores	96
6.1.12. Labores en el aftercooler/enfriador de aire	96
6.1.13. Labores en la bomba principal de aceite	97
6.1.14. Labores misceláneas	97
6.2. Labores en los Sistemas Auxiliares del Grupo Electrónico	98
6.2.1. Labores en el sistema de combustible	98
6.2.2. Labores en el sistema de lubricación	99
6.2.3. Labores en el sistema de refrigeración	99
6.2.4. Labores en el sistema de aire de admisión y gases de escape	99
6.2.5. Labores en el sistema de aire de arranque e instrumentación	100

6.2.6. Labores en el sistema de vapor	100
6.3. Labores de Alineamiento, Pruebas y Puesta en Servicio	100
6.3.1. Labores de Alineamiento	100
6.3.2. Labores de Comisionamiento	101
Capítulo 7: Evaluación Económica	104
7.1. Servicio de Cambio de Cigüeñal (Reparación General)	104
7.1.1. Labor	104
7.1.2. Repuestos	104
7.1.3. Misceláneos	104
7.1.4. Cuadro Desagregado	105
7.2. Servicio de Mantenimiento de 60,000 Hrs. – Overhaul	105
7.2.1. Labor	105
7.2.2. Repuestos	105
7.2.3. Misceláneos	106
7.3. Evaluación	106
Conclusiones	107
Bibliografía	109
Apéndice	
Anexos	

PRÓLOGO

El presente Informe de Competencia Profesional ha sido elaborado en base a mi participación integral y conjunta, inicialmente en un proyecto desarrollado por la empresa ORVISA S.A., empresa del grupo FERREYCORP ubicada en la ciudad de Iquitos, el cual luego culminó como una prestación de servicios hacia la empresa ELECTRO ORIENTE S.A., entidad que brinda servicio de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía a la ciudad de Iquitos; la labor principal del mencionado servicio fue el cambio del cigüeñal de un motor de combustión interna de aproximadamente 10,000 HP de potencia.

ELECTRO ORIENTE S.A. empresa generadora de energía en la ciudad de Iquitos, posee una Central Térmica en dicha ciudad, principalmente cuenta con grupos electrógenos de gran potencia los cuales operan con combustible residual, es justamente a uno de estos grupos al cual se le realizó la reparación general y el mantenimiento; de ahí se recoge el título de este informe: Reparación General y Mantenimiento del Grupo Electrónico marca Cat Mak modelo 16CM32. En este informe se muestra información respecto a las empresas involucradas, además de todos los detalles respecto al servicio realizado, objetivos, conclusiones, información del grupo electrónico y sus diferentes sistemas.

En los primeros capítulos del presente informe se describen los objetivos principales, información de las empresas involucradas en el servicio, los fundamentos y descripción del grupo electrógeno así como sus diferentes sistemas auxiliares; también se describe, en breve, los conceptos, teorías y tipos de mantenimiento de acuerdo a la información actual de clase mundial. En los capítulos sub-siguientes se describen la falla del motor de combustión interna y la posterior reparación general, para finalmente detallar la evaluación económica de dicha reparación.

Creo propicio aprovechar estas líneas para mostrar mi más profundo agradecimiento a las personas que mostraron su confianza hacia mi persona y permitieron que esté a cargo de las labores de supervisión de este servicio: Ing. Melvis Jiménez Guzmán - Jefe de Ventas Sucursal de ORVISA, Ing. Elvis Reyes Meléndez - Jefe de Servicios Iquitos de ORVISA.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo

El objetivo principal de este informe de competencia profesional es mostrar, dar a conocer y compartir el conocimiento que adquirí al realizar las labores de reparación general y mantenimiento del grupo electrógeno marca Cat Mak modelo 16CM32.

Este tipo de trabajo especializado ha sido el primero en realizarse en el Perú y hasta ahora el único en haberse realizado, ya que normalmente las Centrales Térmicas no poseen estos equipos de generación (grupos electrógenos de gran potencia), generalmente en las centrales encontramos turbinas a gas/vapor, por lo que creo que la experiencia adquirida en este servicio debe ser compartida con mi casa de estudios.

Fue un objetivo propio de las labores realizadas, restablecer la operatividad del grupo electrógeno y con esto lograr la satisfacción de la empresa ELECTRO ORIENTE S.A. y además de sus usuarios en la ciudad de Iquitos ya que se

recuperó el suministro de energía que se había perdido por la inoperatividad del mencionado grupo electrógeno.

1.2 Resumen

El presente informe detalla principalmente las labores realizadas durante la reparación general y mantenimiento de un motor de combustión interna de 10,300 HP así como la falla que sufrió dicho motor y la evaluación económica de dicho servicio; también se explica los fundamentos y descripción del motor de combustión interna, generador y tablero de control que conforman el grupo electrógeno propiedad de Electro Oriente S.A. así como sus equipos auxiliares. Se describe también las teorías de mantenimiento de clase mundial.

1.3 Datos de la Empresa ORVISA S.A.

ORVISA S.A. empresa del grupo FERREYCORP, es la primera comercializadora de bienes de capital en la Amazonia Peruana. Constituida en 1973, ofrece las mismas líneas de productos que FERREYROS para los sectores agrícola, transporte, forestal, energía e hidrocarburos, principalmente, y opera en las ciudades de Iquitos, Tarapoto, Pucallpa, Bagua, Madre de Dios, Tingo María, Huánuco, Puerto Maldonado y en los campamentos petroleros Lote 1AB (Andoas) y Lote 8 (Trompeteros). Representante de la marca CATERPILLAR, con más de 40 años de experiencia en su rubro.

ORVISA S.A. se creó un 04 de diciembre de 1973, en la ciudad de Iquitos, cuyos representantes legales eran Enrique Ferreyros y Cia S.A., Laboratorio Delta S.A. e Inmobiliaria San Enrique S.A. constituyeron en Iquitos Distribuidora Victoria S.A (DIVISA). En 1975, en la época del Boom petrolero, DIVISA ya era la empresa líder en la comercialización de maquinaria pesada y motores marinos que, con gran

demanda, eran instalados en los nuevos empujadores fluviales que navegaban por nuestros ríos amazónicos, transportando los equipos y personal que se dirigían hacia los recién descubiertos yacimientos. A partir de 1977 comenzó a llamarse Organización Victoria Sociedad Anónima – ORVISA S.A., el desarrollo sostenido de ORVISA y la solidez de su organización permitieron cubrir más mercados; para ello se amplió el rango de acción llegando hasta Pucallpa, Tarapoto, Bagua, Madre de Dios, Tingo María, Huánuco y Yurimaguas, consolidando así el liderazgo en la Amazonia. En el 2013, a nuestros 40 años, ORVISA S.A. ya se había constituido por buena cuenta en la empresa líder en la parte Oriente del País, apostando por el crecimiento de la Región, para lo cual se ampliaron las líneas de los productos, se diversificaron los servicios con un sentido de calidad total, todo ello dentro de los lineamientos de la Organización FERREYROS, la cual es la casa matriz de nuestra empresa.

ORVISA S.A. por encargo de ELECTRO ORIENTE S.A. asume la gran responsabilidad de restablecer la operatividad del grupo electrógeno Cat Mak N° 5 luego de que el motor de combustión interna del mencionado grupo electrógeno haya sufrido un siniestro o falla cuya consecuencia principal fue el daño en uno de sus componentes más importantes: el cigüeñal.

Con asistentes, técnicos e ingenieros especializados del fabricante CATERPILLAR y de ORVISA S.A., y además con equipos de maniobra e izaje para aplicación en servicio pesado se llevaron a cabo todas las labores necesarias para restablecer la operatividad del motor de combustión interna del grupo electrógeno, de esta manera se logró la satisfacción y confianza de nuestro cliente: ELECTRO ORIENTE S.A. y por consiguiente se restableció el despacho normal de carga a los usuarios en la ciudad de Iquitos.

1.4 Datos de la Empresa ELECTRO ORIENTE S.A.

ELECTRO ORIENTE S.A. es una empresa estatal de derecho privado, íntegramente de propiedad del estado, constituida como sociedad anónima, a cargo del FONAFE (Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado), con autonomía técnica, administrativa, económica y financiera. Sus servicios son de necesidad y utilidad pública y de preferente interés social.

La Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad del Oriente S.A. – ELECTRO ORIENTE S.A., fue creada por Resolución Ministerial N° 320-83 EM/DGE del 21 de Diciembre de 1983, en cumplimiento de la Ley General de Electricidad N° 23406, inscribiéndose su Estatuto Social mediante Escritura Pública de fecha 28 de Junio de 1984. Basándose en el Balance de Transferencia de la Unidad Operativa del Oriente de ELECTROPERU S.A. preparado al 30 de Junio de 1984, inicia sus operaciones como persona jurídica de derecho privado el 01 de Julio de 1984. Igualmente, mediante convenio suscrito el 12 de Diciembre de 1986 y en cumplimiento al Acuerdo de Sesión de Directorio N° 621 del 25 de Febrero de 1986, se determina la Transferencia de Activos y Pasivos de la Unidad de Proyectos Especiales del Oriente (UPE) de ELECTROPERÚ S.A. para pasar a la Empresa Regional de Servicio de Electricidad del Oriente S.A. con fecha 31 de Diciembre de 1986, los que fueron contabilizados en el ejercicio de 1987.

ELECTRO ORIENTE S.A. es una empresa estatal de derecho privado y con autonomía en el área de su responsabilidad en todas las actividades propias del Servicio Público de Electricidad, sus actividades se sujetan a lo dispuesto en la Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844 y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 009-93-EM, y demás disposiciones modificatorias y complementarias.

ELECTRO ORIENTE S.A. realiza actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica con el carácter de servicio público o de libre contratación en el ámbito de los departamentos de Loreto y San Martín, sumando un área geográfica de 420,105.30 Km². Asimismo, a partir del año 2000, desarrolla las actividades de generación en los departamentos de Amazonas y Cajamarca, en virtud del Contrato de Consorcio suscrito el 01 de Enero de 2000 con la Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica S.A. – ADINELSA, por lo que proporciona energía en media tensión desde las centrales de Caclic, El Muyo, La Pelota, Quanda y Lonya Grande. Actualmente se está culminando la transferencia de los activos de ENSA y ADINELSA a propiedad de ELECTRO ORIENTE S.A., con lo cual se ampliará nuestro ámbito de concesión.

Asimismo, se encarga del planeamiento, estudios y ejecución de proyectos de sistemas eléctricos, con el fin de asegurar el abastecimiento oportuno, suficiente, garantizado y económico de la demanda de la energía eléctrica. Su misión es prestar servicio de calidad a sus clientes, con personal calificado y comprometido con los valores de la empresa, con responsabilidad social, cumpliendo estándares de seguridad, protegiendo el medio ambiente, buscando el equilibrio económico de la empresa y el desarrollo socio económico de la región.

Tiene su domicilio legal en la ciudad de Iquitos, pudiendo establecer oficinas y sucursales en cualquier lugar del ámbito de su competencia, cuando el cumplimiento de sus fines lo requiera.

ELECTRO ORIENTE S.A. es una empresa de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de energía eléctrica, comprometida con el Desarrollo con responsabilidad social, la satisfacción de los requisitos de sus clientes, el cumplimiento de las normativas de la calidad y la promoción de la

mejora continua en todos los niveles de la organización, incluyendo a sus proveedores y contratistas mediante la gestión de la calidad.

ELECTRO ORIENTE S.A., proporciona energía a la región de Loreto en un sistema aislado y a la región San Martín en un sistema interconectado. El sistema aislado del sistema eléctrico nacional, cuya producción se basa fundamentalmente en centrales térmicas, contando además con pequeñas centrales hidroeléctricas, así mismo administra por encargo de ADINELSA la generación de energía eléctrica, con 05 centrales hidroeléctricas y 02 centrales térmicas, en los departamentos de Amazonas y Cajamarca, suministrando energía a las distribuidoras ELECTRO NORTE S.A. y a la Municipalidad de Utcubamba (EMSEU).

La producción bruta de energía durante al mes de enero 2014 fue de 39,078 MW.h, de los cuales 25,684 MW.h (66%) corresponde a Loreto; 4,002 MW.h (10%) corresponde a San Martín y 9,392 MW.h (24%) a Amazonas – Cajamarca. Actualmente en ELECTRO ORIENTE S.A. en la Central Térmica en Iquitos se cuenta con 04 grupos electrógenos Wartsila 18V32 – 6.4 MW, 03 grupos electrógenos Cat Mak 16CM32 – 7.4 MW, 03 grupos electrógenos Caterpillar 3516B – 1.5 MW, 01 grupo electrógeno Cummins QSK 60 – 1.5 MW, 01 grupo electrógeno General Motor EMD – 1.0 MW. Adicionalmente a estos equipos, empresas dedicadas a la venta de energía han sido contratadas por ELECTRO ORIENTE S.A. sumando a su parque de generación lo siguiente: 10 grupos electrógenos Caterpillar 3512 – 1.0 MW, 03 grupos electrógenos Caterpillar 3512 – 1.0 MW, 03 grupos electrógenos Caterpillar 3516B – 1.5 MW. En total Electro Oriente consta de una potencia instalada de aproximadamente 70 MW con la cual se atiende la creciente demanda de energía de la Ciudad de Iquitos. Actualmente se ha culminado la instalación de la nueva planta a cargo de un Consorcio Internacional

quienes han trabajado de la mano con el fabricante Wartsila, para ampliar la Central Térmica Iquitos en 20 MW. Se espera que con este reciente proyecto de ampliación de la Central, el cual inició su operación comercial en Junio 2014, se brinde confiabilidad y respaldo ante la creciente demanda de energía, durante los próximos 3 años.

Adicionalmente el reciente proyecto realizado y definido por Pro Inversión: "Suministro de Energía para Iquitos", en el cual se otorgó la concesión a una empresa Brasileña bajo la modalidad de proyecto integral, lo cual implica que esta empresa se encargará del diseño, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento de una central térmica de 70 MW, esto incluye la construcción de una línea de transmisión en 60 KV, y la operación y mantenimiento por un plazo de 20 años. Con lo cual se estaría garantizando el suministro de energía para la ciudad de Iquitos a largo plazo, quedando a la espera algún proyecto para interconectar el sistema aislado de la ciudad de Iquitos con el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

CAPITULO 2

FUNDAMENTO Y DESCRIPCIÓN DEL GRUPO ELECTROGENO CAT MAK

2.1 Fundamento del Motor de Combustión Interna

2.1.1 Ciclos termodinámicos de los motores

El rendimiento térmico del motor caracteriza el grado de utilización del calor en el mismo, mientras que la economía del motor significa la cantidad de calor consumida por unidad de potencia.

En concordancia con la segunda ley de la termodinámica el rendimiento térmico para un ciclo teórico, que se realiza con 1 Kg de fluido operante, es:

$$n_t = 1 - \frac{|q_2|}{q_1} = \frac{q_1 - |q_2|}{q_1} = \frac{l_c}{q_1}, \quad (1)$$

Donde $|q_2|$ es la magnitud absoluta de la cantidad de calor desprendida a la fuente fría durante el ciclo, en J/Kg; q_1 , la cantidad de calor suministrada durante el ciclo en J/Kg; l_c , el trabajo efectuado por 1 Kg del fluido operante durante el ciclo, $l_c = q_1 - |q_2|$.

Para cualquier ciclo cerrado el trabajo efectuado por G Kg del fluido operante es:

$$L_c = \oint p dV ,$$

Donde p es la presión; V el volumen.

Para comparar los ciclos de trabajo, efectuados en motores con diferentes dimensiones de cilindros, se acostumbra referir el trabajo a la unidad de volumen de la cilindrada, es decir, respecto a la diferencia de los volúmenes $V_{max} - V_{min}$. Con este fin la superficie que presenta el trabajo del ciclo L_c , se puede cambiar condicionalmente por una superficie rectangular equivalente cuya base es $V_{max} - V_{min}$. La altura del rectángulo:

$$P_{mc} = \frac{L_c}{V_{max} - V_{min}} = p_{me} \quad (2)$$

Caracteriza el trabajo específico, es decir, el trabajo por unidad de volumen de la cilindrada (en N.m/m³ o Pa). Como se desprende de la formula (2), el trabajo específico numéricamente es igual a cierta presión convencional constante P_{mc} , que actúa sobre el embolo durante el tiempo correspondiente a la variación del volumen desde V_{max} hasta V_{min} . La magnitud P_{mc} se acostumbra denominarla presión media efectiva (p_{me}) del ciclo. En los cálculos técnicos resulta más cómodo expresar la p_{me} del ciclo en MPa.

2.1.1.1 Ciclo termodinámico de los motores diesel

En la figura 1.1, el ciclo con suministro de calor q_1 a presión constante y la extracción de calor q_2 a volumen constante en las coordenadas p - V y T - s .

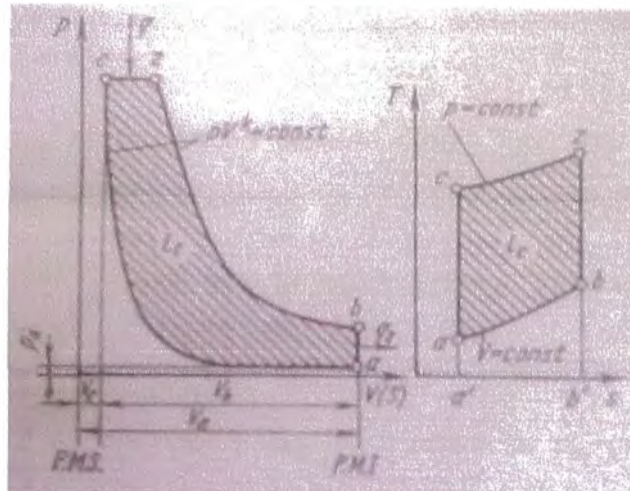


Figura 2.1 Diagrama indicado teórico de un motor diesel

Las siguientes expresiones se utilizan para el cálculo del rendimiento del ciclo y la presión media tenemos:

$$n_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \frac{\rho^k - 1}{k(\rho - 1)} \quad (3)$$

$$p_{me} = p_{mc} = \frac{p_a}{k-1} \frac{\varepsilon^k}{\varepsilon-1} n_t k (\rho - 1) \quad (4)$$

Dónde:

$\varepsilon = V_a/V_c$ relación de compresión;

$k = c_p/c_v$ exponente adiabático;

$\rho = V_z/V_c$ grado expansión preliminar al suministrar calor en proceso $P = \text{const}$.

2.1.2 Parámetros Indicados

2.1.2.1 Presión media indicada

Determinemos el trabajo del ciclo, correspondiente a la unidad de volumen del trabajo del cilindro V_h (en m^3). Para el diagrama el trabajo específico en J/m^3 o en Pa resulta igual a:

$$p_i = \frac{L_i}{V_h} = p_{mi} \quad (5)$$

La magnitud p_{mi} se denomina *presión media indicada del ciclo*, que es la presión manométrica convencional de acción constante con la cual el trabajo realizado por los gases durante una carrera del pistón es igual al trabajo indicado correspondiente al ciclo.

En la tabla 2.1 vienen expuestos los valores de p_{mi} (en MPa) cuando los motores funcionan a plena carga:

Motores	p_{mi} (MPa)
De cuatro tiempos Diesel sin sobrealimentación	0,75 – 1,05
De cuatro tiempos Diesel sobrealimentados	Hasta 2,2

Tabla 2.1. Valores de p_{mi} en (MPa)

A medida que disminuye la carga, la presión p_{mi} decrece. Los menores valores de p_{mi} se obtienen cuando el motor trabaja sin carga (En vacío). En este caso todo el trabajo indicado se gasta en fricción, intercambio de gases y en accionar los mecanismos auxiliares ($p_{mi} = p_m$).

2.1.2.2 Potencia Indicada.

El trabajo indicado (en Nm), ejecutado por un cilindro en un ciclo, es: $L_i = p_{mi}V_h$

Donde p_i es la presión media indicada, en Pa; V_h , el volumen de trabajo del cilindro, en m^3 ; $V_h = \pi D^2 S/4$ (D es el diámetro del cilindro en m; S , la carrera del pistón, en m).

El número de ciclos de trabajo realizados por el motor en 1s es igual a $2n/\tau$ (donde n es la frecuencia de rotación del cigüeñal, en rps; $2n$, el número de carreras del pistón por segundo; τ , el número de tiempos del motor, es decir, el número de carreras del pistón por ciclo). La potencia indicada (en W) de un cilindro:

$$N_{ic} = \frac{2}{\tau} p_i V_h n$$

Del motor que tenga i cilindros:

$$N_{ic} = \frac{2}{\tau} p_i V_h n \quad (6)$$

Si en la formula 5 se expresa p_{mi} en MPa, el volumen de trabajo del cilindro V_h en l y n en rpm, entonces obtendremos la potencia indicada en kW:

$$N_i = \frac{p_{mi} i V_h n}{30\tau} \quad (7)$$

Para los motores de cuatro tiempos ($\tau = 4$) tendremos la expresión:

$$N_i = \frac{p_{mi} i V_h n}{120} \quad (8)$$

2.1.2.3 Rendimiento y consumo específico indicado de combustible.

El rendimiento indicado η_i que representa la relación entre el calor transformado en trabajo mecánico del ciclo L_i y el calor total Q_i introducido en el motor con el combustible, se determinan por la siguiente expresión:

$$\eta_i = \frac{L_i}{Q_i} \quad (9)$$

Si el trabajo útil del ciclo se refiere a 1 Kg de combustible:

$$\eta_i = \frac{l_i}{H_u} \quad (10)$$

Donde H_u es el poder calorífico del combustible se expresa en J/Kg ó MJ/Kg.

Si se conoce el poder calorífico del combustible, entonces el consumo específico indicado es:

$$g_i = \frac{1}{H_u n_i} \quad (11)$$

En los cálculos prácticos, se toma en consideración las siguientes unidades:

H_u en MJ/Kg y g_i en g/(kWh) y se obtiene:

$$n_i = \frac{3,6 \cdot 10^3}{H_u g_i} \quad (12)$$

2.1.3 Parámetros efectivos

2.1.3.1 Potencia efectiva y pérdidas mecánicas

La potencia que puede obtenerse en el cigüeñal del motor se denomina efectiva. La potencia efectiva N_e es menor que la indicada N_i en la magnitud de la potencia que se gasta en las pérdidas mecánicas N_m es decir:

$$N_e = N_i - N_m$$

La potencia gastada en pérdidas mecánicas, así como la potencia efectiva, lo mismo que la indicada, se acostumbra referirlas a la unidad de volumen de trabajo del cilindro y expresarlas en unidades convencionales de presión p_m y p_e .

Expresando p_m en MPa, V_h en l; n en rpm, obtendremos la fórmula de la potencia que se gasta en las pérdidas mecánicas, cuya forma es análoga a la de la potencia indica (en kW).

$$N_m = \frac{p_m i V_h n}{30 \tau}$$

De donde la presión media correspondiente a las pérdidas mecánicas en (MPa) es:

$$p_m = 30 \frac{N_m \tau}{iV_h n}$$

La presión eficaz media es: $p_e = p_i - p_m$ (13)

La potencia efectiva (en kW) resulta: $N_e = \frac{p_e iV_h n}{30\tau}$ (14)

Donde p_e se da en MPa, V_h en l y n en rpm

La presión eficaz media (en MPa) es igual a: $p_e = 30 \frac{N_e \tau}{iV_h n}$

Para comparar diferentes motores, la potencia específica se refiere a la unidad de volumen:

$$N_L = \frac{N_e}{V_H} = \frac{N_e}{iV_h} \quad (15)$$

De la fórmula 14 tenemos

$$N_L = \frac{p_e n}{30\tau}$$

Donde N_L se expresa en kW/l y p_e se da en MPa, n en rpm

Y para un motor de 4 tiempos:

$$N_L = \frac{p_e n}{120} \quad (16)$$

Las pérdidas mecánicas se valoran por el rendimiento mecánico según la siguiente fórmula:

$$n_m = \frac{N_i - N_m}{N_i} = 1 - \frac{N_m}{N_i} = \frac{N_e}{N_i} \quad (17)$$

O bien

$$n_m = \frac{p_i - p_m}{p_i} = 1 - \frac{p_m}{p_i} = \frac{p_e}{p_i} \quad (18)$$

La potencia correspondiente a las pérdidas mecánicas está constituida por las potencias que se gastan:

En vencer la fricción N_{fr} ; en poner en accionamiento los mecanismos auxiliares (las bombas de agua y de aceite, el ventilador, el generador y otros) N_{am} ; en el intercambio de gases N_{gas} (Se considera solo en los motores de cuatro tiempos); en accionar el compresor o la bomba de barrido N_k .

Por consiguiente:

$$N_m = N_{fr} + N_{am} + N_{gas} + N_k$$

O respectivamente

$$p_m = p_{fr} + p_{am} + p_{gas} + p_k$$

De las ecuaciones 18 y 17 tenemos que:

$$p_e = n_m p_i$$

$$N_e = n_m N_i \quad (19)$$

En la tabla 2.2 vienen expuestos los valores, mediante especificaciones de rango, del rendimiento mecánico y de la presión eficaz media, al trabajar los motores diesel a régimen nominal.

Cabe indicar que dichos resultados son experimentales realizados en bancos de prueba a diferentes condiciones y regímenes.

Motores	n_m	p_e (MPa)
De cuatro tiempos Diesel	0,7 – 0,82	0,55 – 0,85
De cuatro tiempos Diesel sobrealimentados	0,8 – 0,9	0,7 – 2,0

Tabla 2.2. Rendimiento mecánico n_m y presión eficaz media p_e de motores diesel

2.1.3.2 Rendimiento y consumo específico efectivo de combustible.

El grado de aprovechamiento de calor se determina por el rendimiento efectivo η_e y por el consumo específico de combustible g_e . El trabajo efectivo referido a 1 Kg de combustible constituye, se muestra en la siguiente fórmula el trabajo efectivo:

$$L_e = L_i - L_m$$

De donde el rendimiento efectivo se calcula como:

$$n_e = \frac{L_e}{H_u} \quad (20)$$

Puesto que: $\frac{L_e}{L_i} = 1 - \frac{L_m}{L_i} = n_m$

$$Y: L_e = n_m L_i$$

$$\text{Entonces: } n_e = n_m n_i$$

Por lo que el consumo específico efectivo de combustible puede determinarse a través del rendimiento efectivo (en Kg/J):

$$g_e = \frac{1}{n_e H_u} \quad (21)$$

Donde H_u es el poder calorífico del combustible con el cual trabaja el motor se expresa en J/Kg.

2.1.4 Curvas Características de motores

Se denominan curvas características de un motor de combustión interna a las gráficas que expresan principalmente la potencia, el torque o par motor y el consumo específico en función de la velocidad de rotación del cigüeñal, dichas curvas se trazan señalando en un diagrama los valores de potencia, par y consumo, que el motor proporciona a cada variación de su régimen de rotación. Ver figura 2.2.

2.1.4.1 Curva de potencia

La curva de potencia crece e progresión casi constante hasta un valor determinado que indica el régimen de potencia máxima, luego decrece rápidamente hasta el límite máximo de utilización.

2.1.4.2 Curva de par motor

Por lo común, la curva del par motor tiene un trazado mucho más llano que la de la potencia. También crece al aumentar las revoluciones del motor, pero su progresión es mucho menor. Una vez alcanzado su límite más alto la curvatura decrece, pero menos rápidamente que de la potencia.

2.1.4.3 Curva del consumo específico

Un desarrollo aproximadamente inverso al de la curva del par es el de la curva del consumo específico. Al aumentar las revoluciones del motor dicha curva decrece, con lentitud, la curva vuelve luego a subir gradualmente hasta el valor de utilización máxima del motor.

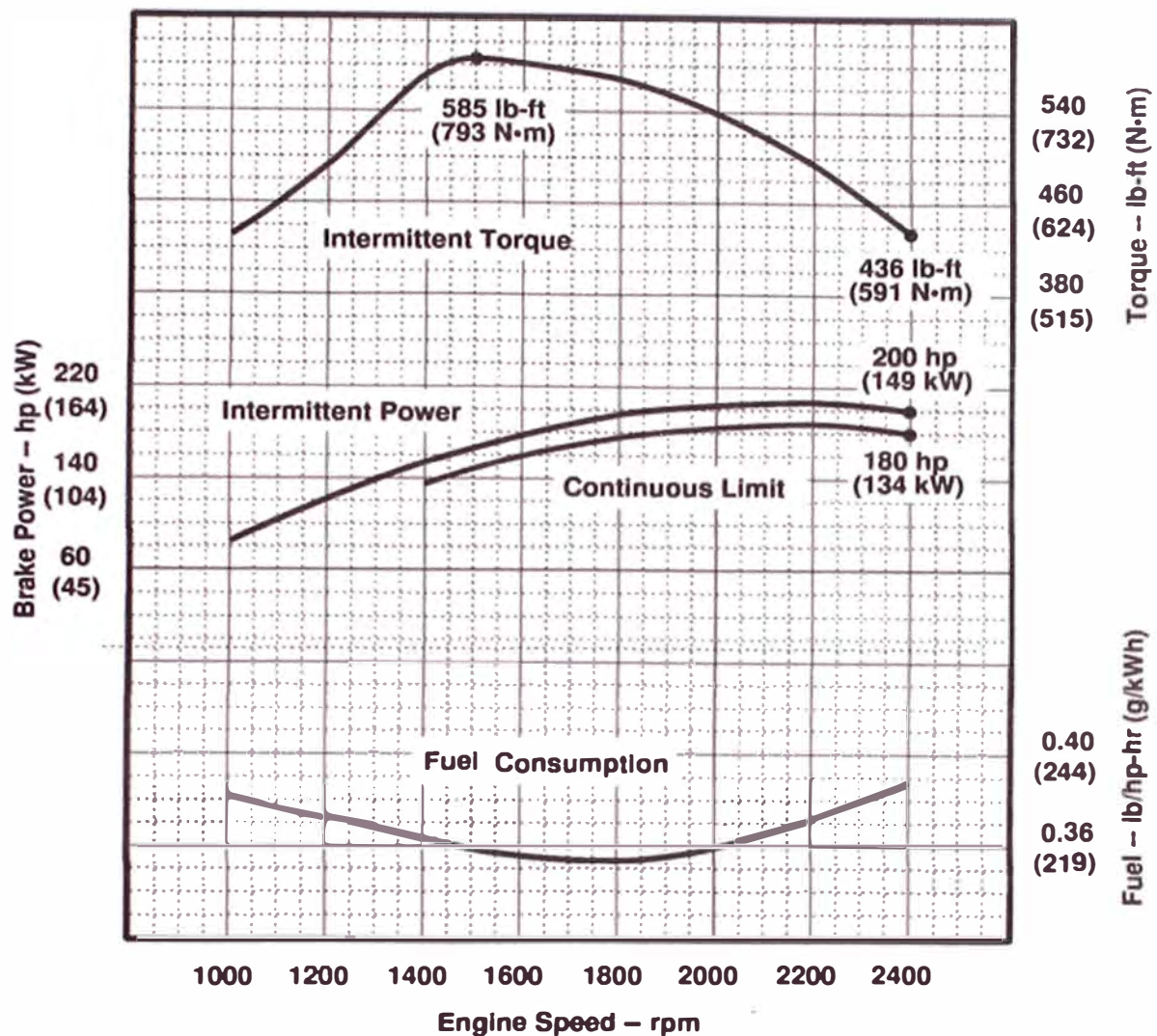


Figura 2.2 Curvas características de motores diesel

2.1.5 Toxicidad de los motores de combustión interna

2.1.5.1 Composición de los gases de escape

Las condiciones en las que se quema el combustible en el cilindro del motor diesel contribuyen a la formación de unos compuestos complejos; una parte considerable de éstos son sustancias tóxicas y algunos pertenecen a la categoría de sustancias cancerígenas (agentes de enfermedades cancerosas). Las investigaciones demostraron que los gases de los motores de combustión interna contienen una cantidad considerable de componentes. (Ver tabla 2.3).

Componentes	Composición de los gases (en%) según el volumen	Influencia del componente sobre el organismo humano
Nitrógeno	76 – 78	No es toxico
Oxigeno	2 – 18	-
Vapores de agua	0,5 – 4	-
Anhídrido carbónico	1 -10	-
Monóxido carbónico	0,01 – 0,5	Tóxico
Óxidos de nitrógeno	0,0002 – 0,5	Tóxico
Hidrocarburos	0,009 – 0,5	-
Aldehídos	0,001 – 0,009	-
Hollín	0,01 – 1,1 g/m ³	-
Benzopireno	Hasta 10 g/m ³	Cancerígeno

Tabla 2.3 Componentes de gases de escape

El exceso considerable de oxígeno en el motor diesel conduce a una reducción, en los gases de escape, del contenido relativo de monóxido carbónico, sin embargo, a causa de la imperfección del proceso, éste, pese a todo, se forma y alcanza el 0,5% del volumen del gas. En los gases de escape del motor Diesel inevitablemente se encuentran los aldehídos: formaldehído (HCHO), acroleína (CH₂-CH-CHO), acetaldehído (CH₃CHO) y otros, puesto que su formación contribuye a la preparación de la mezcla para la inflamación. La presencia de hollín en los gases de escape es resultado de la postcombustión de gotas aisladas, principalmente grandes, de combustible en el proceso de expansión de los gases en el cilindro y durante el escape, es decir, a presión y temperaturas reducidas. El hollín representa una suspensión de partículas diminutas de carbono en los productos de combustión, atribuye a los gases de escape una coloración gris, gris oscura e incluso negra, lo que en grado considerable caracteriza la imperfección en organización del proceso de funcionamiento. En la mayoría de los casos esto es

resultado de la imperfección en la formación de la mezcla, pero también puede ser resultado del relleno incompleto de los cilindros que condiciona un coeficiente exceso de aire insuficiente para los motores diesel.

El anhídrido sulfuroso (SO_2) y el ácido sulfhídrico (H_2S) aparecen en los gases de escape de los motores de combustión interna, al consumir combustible que contiene azufre.

2.2 Descripción del Motor de Combustión Interna

2.2.1 Nomenclatura del Motor Cat Mak

A continuación se muestra la nomenclatura del motor, en base al modelo del fabricante. Se especifica el número de cilindros, el nombre del fabricante y el diámetro de los cilindros en centímetros. (Ver figura 2.3)

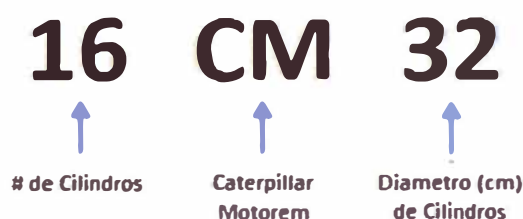


Figura 2.3 Nomenclatura del motor Cat Mak

2.2.2 Modelos de Motores Cat Mak

A continuación se muestra un cuadro con los diferentes modelos de los motores; el propósito de este cuadro es proporcionar información acerca de características básicas, tales como tipo de combustible que utilizan, potencia, dimensiones, etc. de los motores *Cat MaK* para aplicación en plantas de generación de energía. (Ver tabla 2.4)

Model	Cylinders	Fuel	Rating	Speed (50 Hz)	Rating	Speed (60 Hz)	Cylinder Bore	Dimensions			Metric Tons
	No.							ekW	rpm	ekW	
6 CM 20	6	LFO/HFO	1083	1000	970	900	200	5806	1560	2825	20
8 CM 20	8	LFO/HFO	1445	1000	1290	900	200	7055	1560	3134	27
9 CM 20	9	LFO/HFO	1620	1000	1454	900	200	7405	1560	3134	30
6 CM 25	6	LFO/HFO	1756	750	1710	720	255	8065	2125	2936	36
8 CM 25	8	LFO/HFO	2280	750	2200	720	255	8865	2233	3227	41
9 CM 25	9	LFO/HFO	2570	750	2480	720	255	9465	2233	3227	46
6 CM 32	6	LFO/HFO	2765	600	2765	600	320	9680	2570	3344	52
8 CM 32	8	LFO/HFO	3690	600	3690	600	320	10780	2570	3640	64
9 CM 32	9	LFO/HFO	4150	600	4150	600	320	11480	2570	3640	69
12 CM 32	12	LFO/HFO	5590	750	5370	720	320	10716	3111	3260	85
16 CM 32	16	LFO/HFO	7450	750	7160	720	320	12016	3111	3260	115
6 CM 43	6	LFO/HFO	5240	500	5240	514	430	12500	2869	3983	112
7 CM 43	7	LFO/HFO	6110	500	6110	514	430	13500	2869	3983	127
8 CM 43	8	LFO/HFO	6980	500	6980	514	430	14700	2869	4276	144
9 CM 43	9	LFO/HFO	7860	500	7860	514	430	15700	2869	4276	148
12 CM 43	12	LFO/HFO	10480	500	10480	514	430	15150	3900	3615	210
14 CM 43*	14	LFO/HFO	12220	500	12220	514	430	16050	3900	3615	240
16 CM 43	16	LFO/HFO	13970	500	13970	514	430	16350	3900	3615	270
18 CM 43	18	LFO/HFO	15710	500	15710	514	430	18250	3900	3615	307
G16 CM 34	16	Gas	5920	750	5680	720	340	12016	3111	3260	115

* on request

Tabla 2.4 Modelos de motores Cat Mak

2.2.3 Diseño de motor Cat Mak 16CM32

Las características técnicas del motor Cat Mak 16CM32 son:

- Motor en "V" 50°, se muestra en corte la sección transversal del motor.

Ver figura 2.4.

- Inyección directa.

- Para motores CM el sentido de giro se determina viendo al motor desde la volante, y este puede ser sentido izquierdo (anti-horario) o sentido derecho (horario). (ver figura 2.5)
- Rotación izquierda (visto desde la volante). (ver figura 2.5)
- El lado A (Banco A) y el lado B (Banco B) del motor se determina a partir del extremo de la volante (ver figura 2.6).
- El lado A está a la izquierda y el banco B está a la derecha, visto desde la volante. Para motores CM los lados de los motores se denominan A y B, no “derecho” o “izquierdo”. (ver figura 2.6)
- El cilindro A1 es el que está ubicado en el extremo inicial visto desde la volante (al lado izquierdo) y el cilindro B2 es el que está ubicado en el extremo inicial visto desde la volante (al lado derecho). (ver figura 2.6)
- Media velocidad, 720 RPM.
- Block de motor seco y fundido en una sola pieza, fundición del tipo nodular.
- Cigüeñal del tipo colgado al block del motor.
- Cojinetes de biela y bancada resistente a la corrosión.
- Camisas semi-secas, nitruradas con insertos de calibración.
- Asientos de válvulas de escape refrigerados.
- Biela dividida “*Split*”.
- Pistón “*Build-up*”.
- Toberas de inyección refrigeradas, en operación, por el aceite de lubricación.
- Sistema de sobrealimentación de aire de presión constante.
- 02 und. de Turbocompresor de alta eficiencia no refrigerado.

- Diseñado para funcionar con combustible pesado hasta 1000 cSt/50°C.
- Diseño modular: culatas, pistones, camisas, bielas pueden ser desmontadas en forma individual.
- Numero de cilindros: 16
- Carrera: 420 mm
- Diámetro del cilindro: 320 mm
- Operación: 4 tiempos
- Eje de levas segmentados individualmente por cilindros
- Tipo de combustible: HFO
- La volante es opuesta al *damp*er de vibración del cigüeñal (extremos).

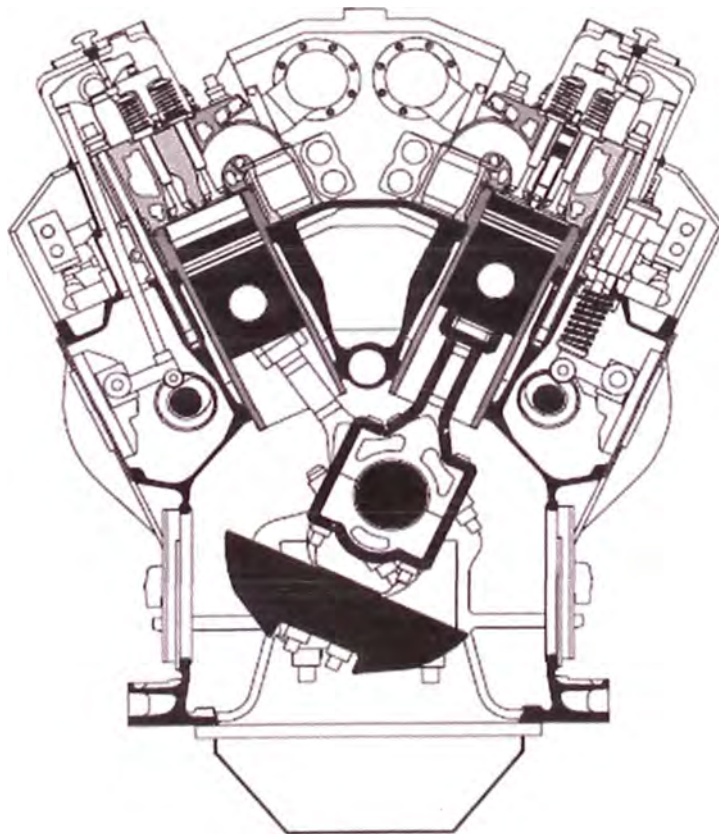


Figura 2.4 Corte transversal del motor

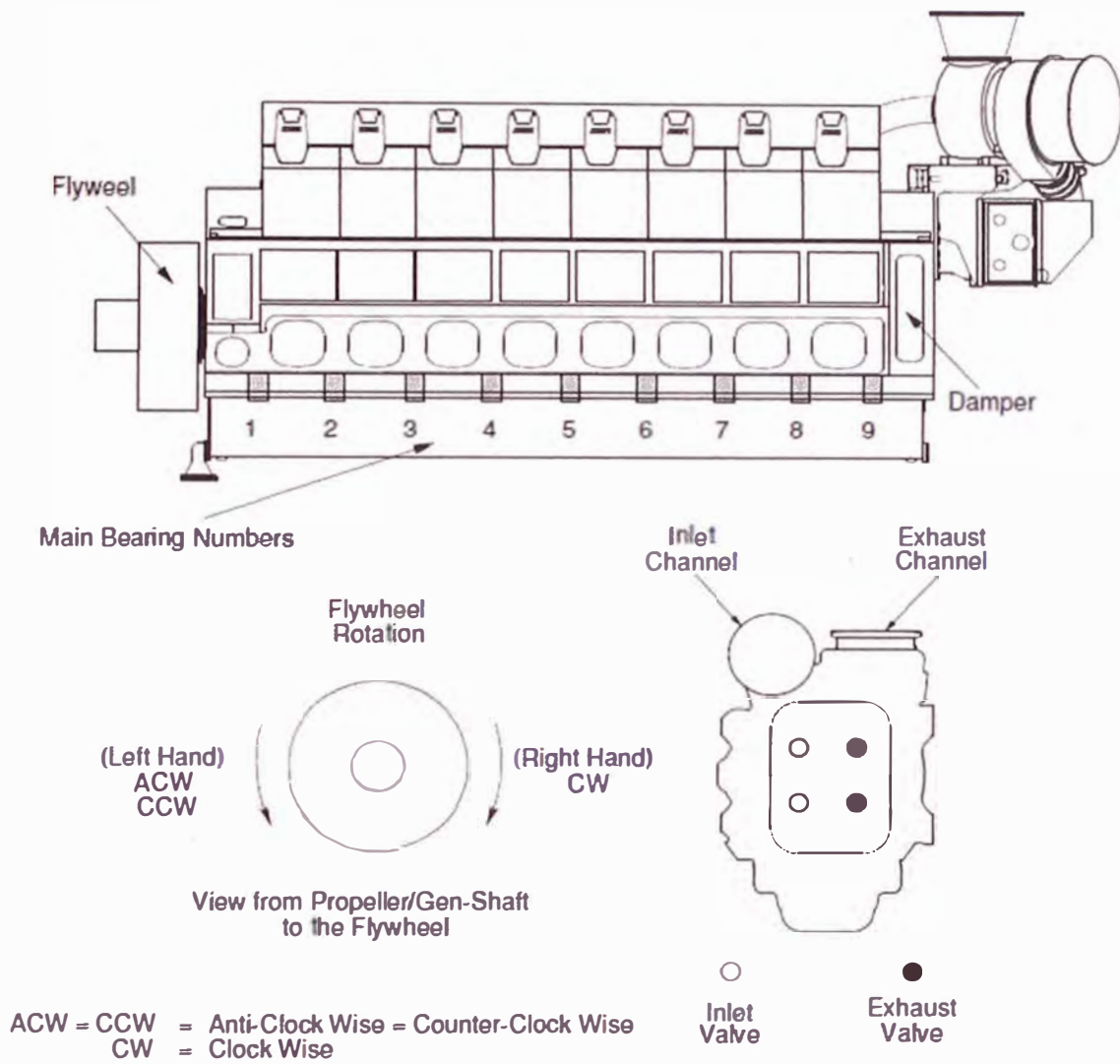


Figura 2.5. Sentido de giro del motor Cat Mak 16CM32, disposición de válvulas y bancadas

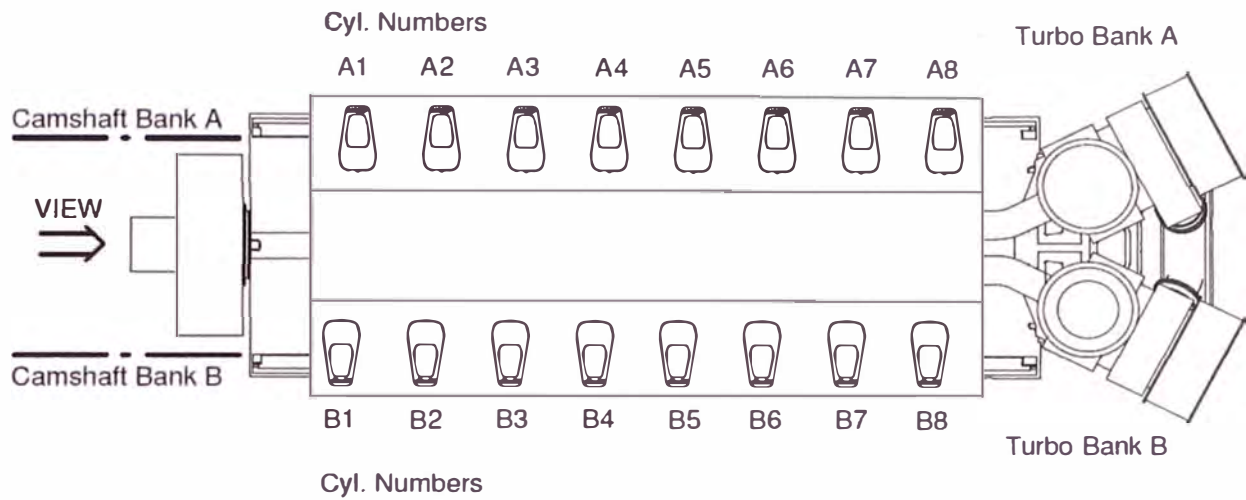


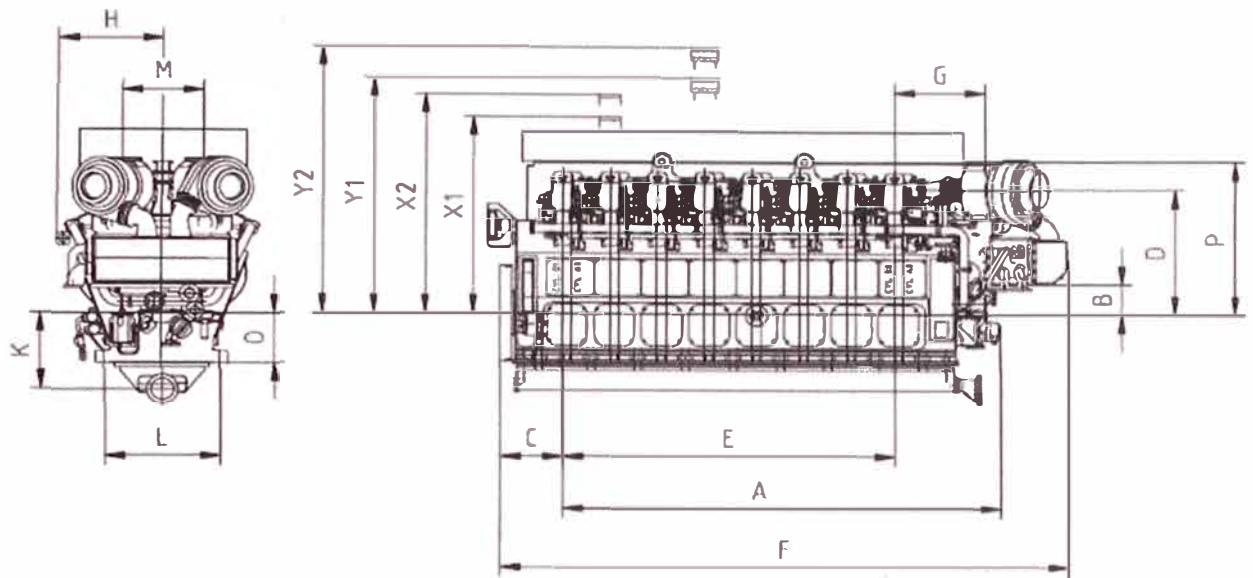
Figura 2.6. Disposición de los cilindros del motor Cat Mak 16CM32

2.2.4 Dimensiones Generales del Motor Cat Mak 16CM32

Las dimensiones principales del motor son:

- Ancho: 3394 mm
- Largo: 8090 mm
- Alto: 3329 mm
- Peso: 82 Ton.

Ver figura 2.7.

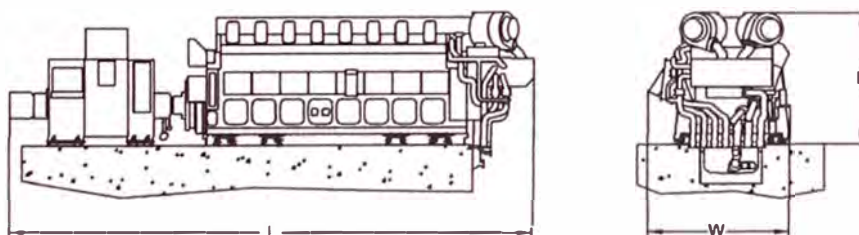


(1.4.D19)

Engine Type	Engine Dimensions [mm]													Weight with flywheel [t]
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	O	P	
12 CM 32	4883	452	884	1899	3375	6740	1287	1480	1154	1630	1144	750	2319	65
16 CM 32	6233	452	884	1899	4725	8090	1287	1480	1154	1630	1144	750	2319	82

(1.4.T6)

GENERATOR SET DIMENSIONS



FOR MORE INFORMATION
 Email: cat_power@cat.com
 Website: <http://catoilandgasinfo.com>

	GENERATOR SET DIMENSIONS						APPROXIMATE WEIGHT (DRY)			
	Height (H)		Width (W)		Length (L)		Engine		Generator	
	mm	in	mm	in	mm	in	kg	lb	kg	lb
12CM32C	3329	131	3394	134	11 193	441	64 400	141,978	24 800	54,675
16CM32C	3329	131	3394	134	12 646	498	81 400	179,456	38 500	84,878

Figura 2.7: Dimensiones del grupo electrógeno Cat Mak

2.2.5 Especificaciones Técnicas

Ver anexo 2.1

2.2.6 Componentes Principales del Motor Cat Mak 16CM32

2.2.6.1 Culata

Las culatas o tapas de cilindro, están fabricadas en fundición especial de hierro, es el componente complementario de la cámara de combustión, contienen los ductos que posibilitan la entrada de aire para la combustión del cilindro, así como la salida de gases resultante de la misma, contiene además al inyector, componente mediante el cual el combustible ingresa a la cámara de combustión, de forma sincronizada y atomizada.

El funcionamiento de apertura de válvulas de admisión y escape están sincronizadas de acuerdo a la posición del cigüeñal con respecto a los ejes de levas. Las culatas complementan las posiciones de hermeticidad. Las culatas pesan alrededor de 350 Kg. (Ver figura 2.8 y 2.9).

Las culatas están compuestas por:

- Válvulas de admisión: 02 und.
- Válvulas de escape: 02 und.
- Puentes de válvulas de admisión: 01 und.
- Puentes de válvulas de escape: 01 und.
- Resortes de válvulas: 04 und.
- Rotadores de válvulas: 04 und.
- Accesorios varios.

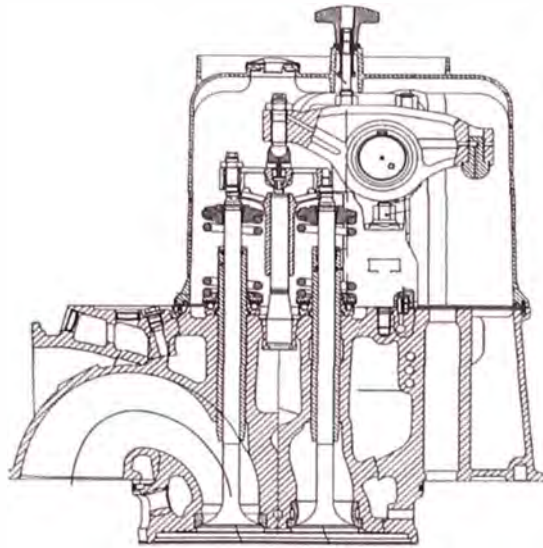


Figura 2.8 Corte transversal de la culata

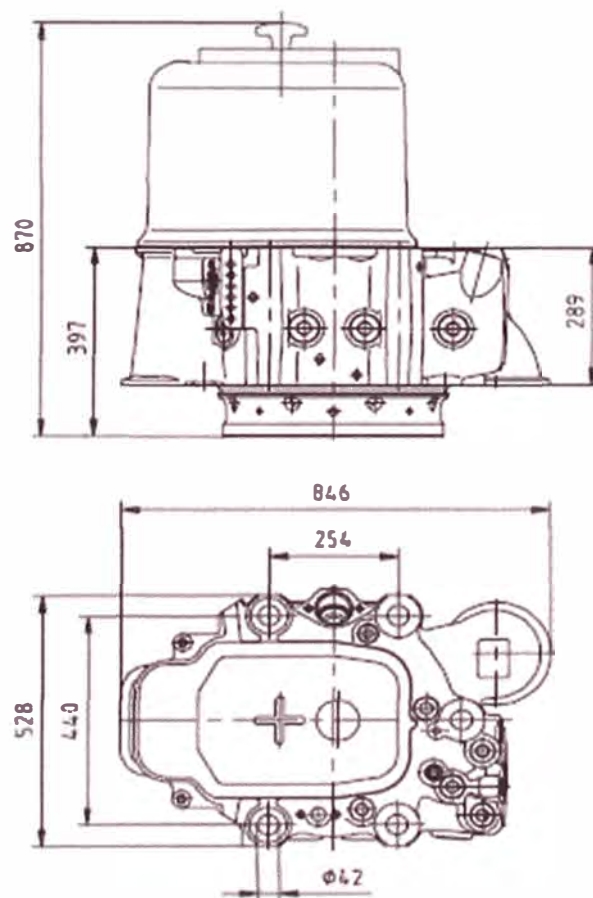


Figura 2.9 Vistas y dimensiones de la culata

2.2.6.2 Pistón

El pistón en conjunto con la biela, constituyen en términos de aprovechamiento termodinámico, los principales componentes del tren de potencia y son los encargados de inducir el movimiento rectilíneo, guiados por su respectiva camisa o cilindro, para producir brazo de palanca, que se manifiesta como movimiento radial continuo, que el cigüeñal se encarga de transmitir, en este caso al rotor del generador.

El pistón del motor 16CM32, representa más de 40 años de desarrollo, desde que las presiones picos máxima de combustión eran de 85 bar, hasta la actual con un límite máximo de 200 bar. La cantidad de ranuras y su disposición han evolucionado, desde la que era 7 añillos, algunos en la falda, hasta llegar a la versión actual constituida por 3 añillos, todos en la corona. (Ver figura 2.10)

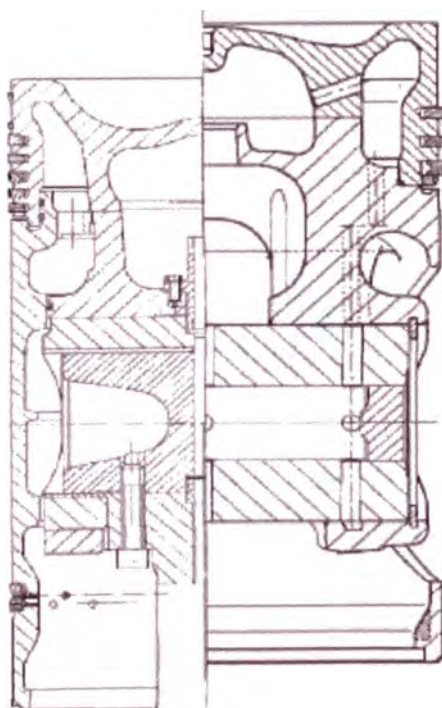


Figura 2.10 Evolución del pistón Cat Mak (vista de corte)

La corona del pistón está fabricada en acero y su falda es de fundición de hierro que además es cubierta con una capa superficial en grafito. La primera ranura es cromada, la segunda lleva proceso de endurecimiento térmico inducido y focalizado, la tercera ranura es de dureza "natural".

La cantidad de espárragos que sujetan la falda a la corona, son 4. El bulón es de tipo "flotante", es decir NO es fijo en la falda y tampoco lo es en el ojo de biela. Conductos internos en la falda posibilitan el ascenso del aceite hacia el anillo distribuidor de aceite. El pistón presenta un innovador y patentado diseño de "zapata deslizante" que sirve de medio de transporte del aceite que proviene de la biela para que sea direccionado hacia la cámara interna de la corona, para efectos de refrigeración o regulación de temperatura, en cualquier posición angular de la biela con respecto a la línea media del pistón. Se muestran las dimensiones y un corte transversal del pistón en la figura 2.11.

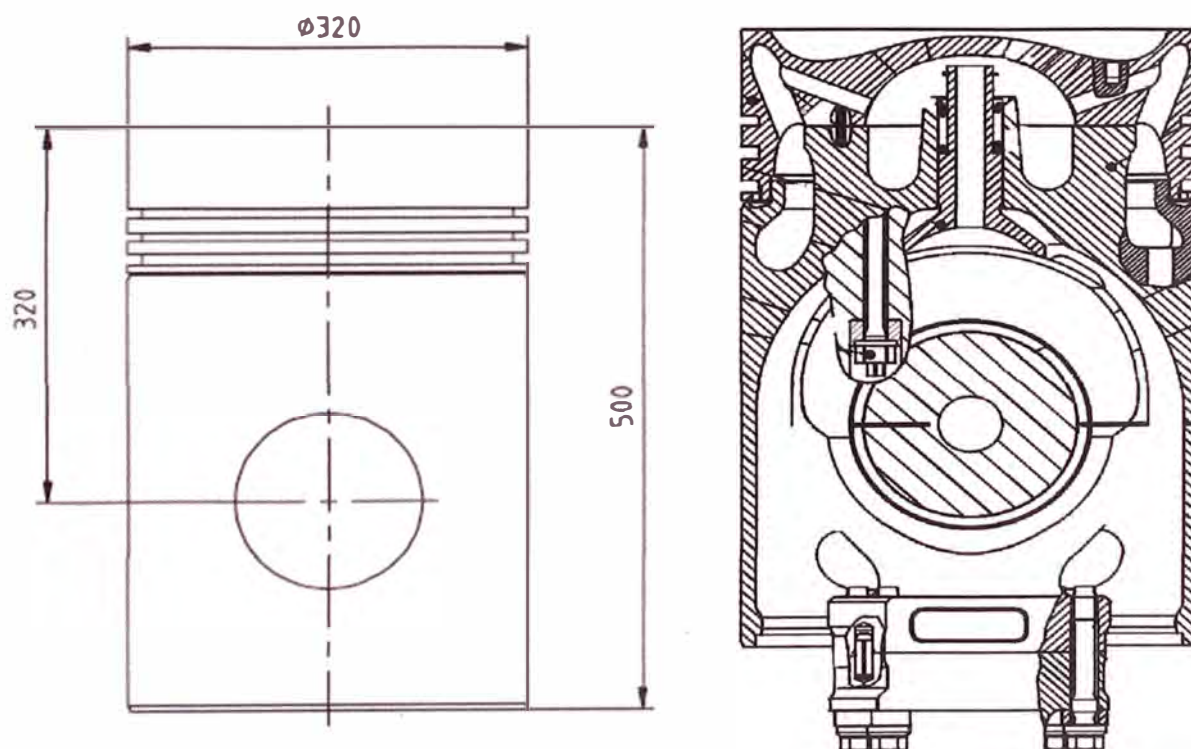


Figura 2.11. Dimensiones y vista de corte del pistón

2.2.6.3 Camisa o Cilindro

La camisa es fabricada de una fundición especial de hierro, como ningún fluido circula por el block, solo el área correspondiente a la altura de la cámara de combustión en la camisa se encuentra en contacto directo con el refrigerante (agua suave + inhibidor de corrosión). La camisa tiene 3 áreas de contacto directo con el block, que proveen condiciones adecuadas de posicionamiento de la camisa en el block; dos de esas áreas son de contacto radial y una axial. Las camisas también alojan el anillo anti-abrillantamiento (*anti-polishing ring*) que tiene como propósito, extender el área de rodaje de las paredes internas de la camisa para los anillos y evitar el contacto directo de las temperaturas de combustión con la camisa. En la figura 2.12 se muestran las dimensiones de la camisa y una vista en corte.

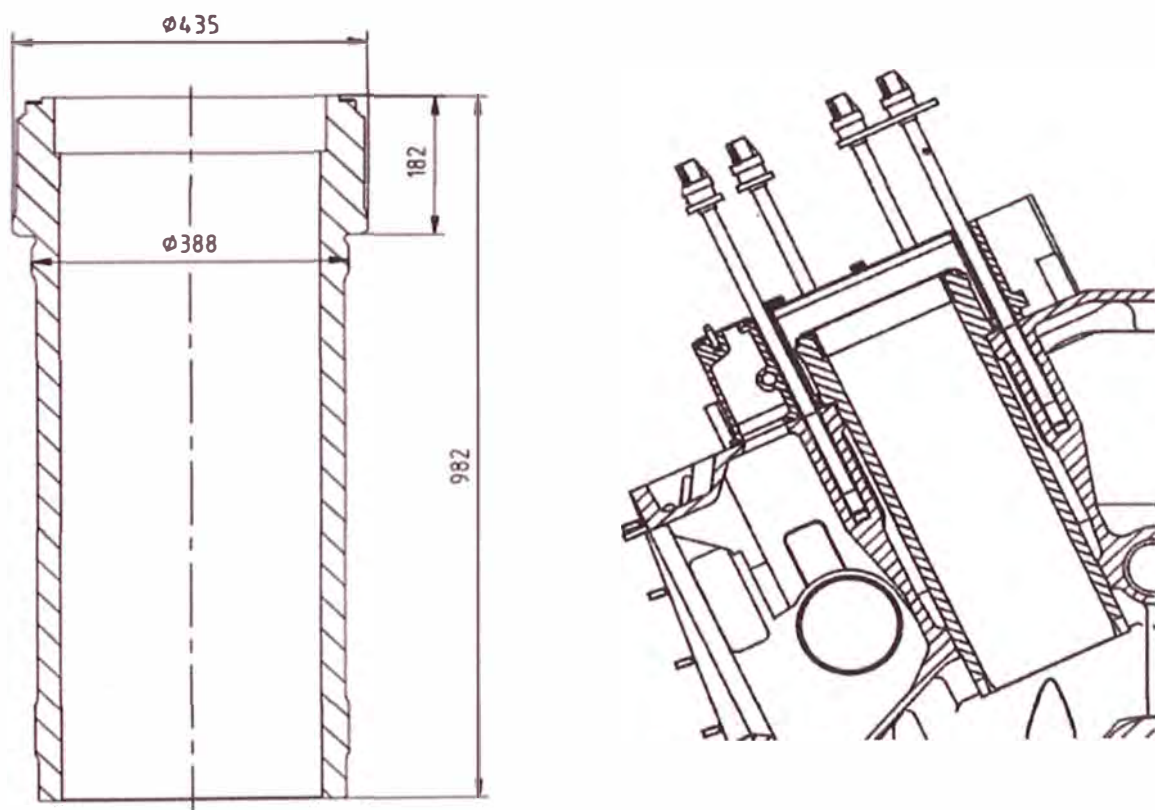


Figura 2.12 Dimensiones y vista de corte de la camisa.

La parte superior de la camisa o cuello tipo “escalonado” es refrigerada por el chaleco “*Water circulación chamber*”, el ingreso y salida de refrigerante de estos chalecos se posibilitan gracias a *manifolds* o cabezales de agua de suministro y retorno que circulan a lo largo de todas las culatas en cada banco A y B. La combinación de flujo, presión y temperatura garantizan su buen funcionamiento a pesar de estar confinado en un reducido espacio y calor extremo focalizado (múltiples o cabezales de gases de escape). La temperatura de la camisa en su parte inferior es regulada a través de cortes planos que permiten ventilación, en esta área circulan los gases del cárter. (Ver figura 2.13)



Figura 2.13 Vista del antipolishing ring e instalación de camisa

2.2.6.4 Bombas de Inyección e Inyectores

Bomba de Inyección:

La bomba de inyección es accionada mecánicamente a través de un mecanismo de impulsión, que a su vez, son accionados por la leva de inyección en el segmento del árbol de levas. (Ver figura 2.14)

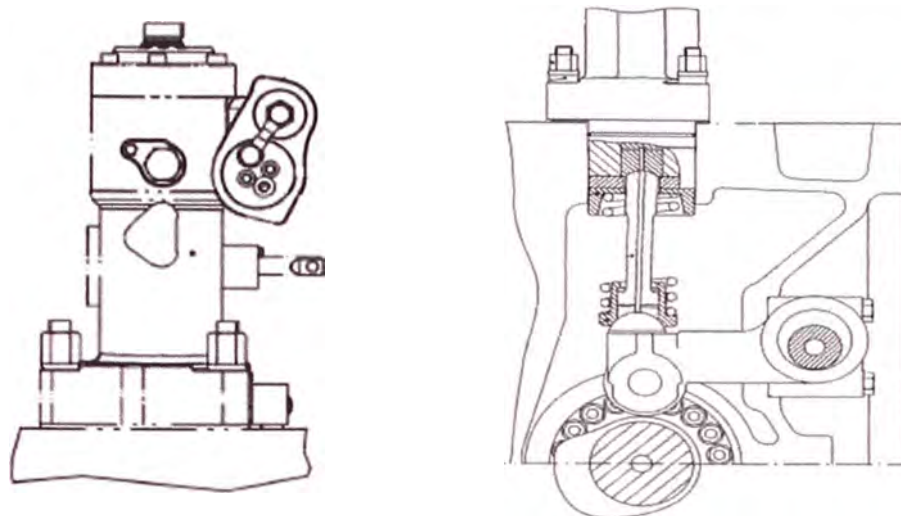


Figura 2.14. Vista de perfil y corte transversal del accionamiento de la bomba

Inyectores:

Los inyectores de cuerpo metálico contienen la tobera de inyección en su extremo inferior, la tobera es una válvula, normalmente cerrada por acción de tensión mecánica (resorte) que contiene 12 orificios ubicados a 30° uno del otro, 0.49 mm de diámetro, estos orificios son ligeramente ovalados. Dicho inyector va instalado en la culata dentro de una camisa o capsula metálica intercambiable (*Sleeve*) esta capsula está en constante contacto con agua para controlar la temperatura de operación de las partes internas del inyector. Ver figura 2.15.

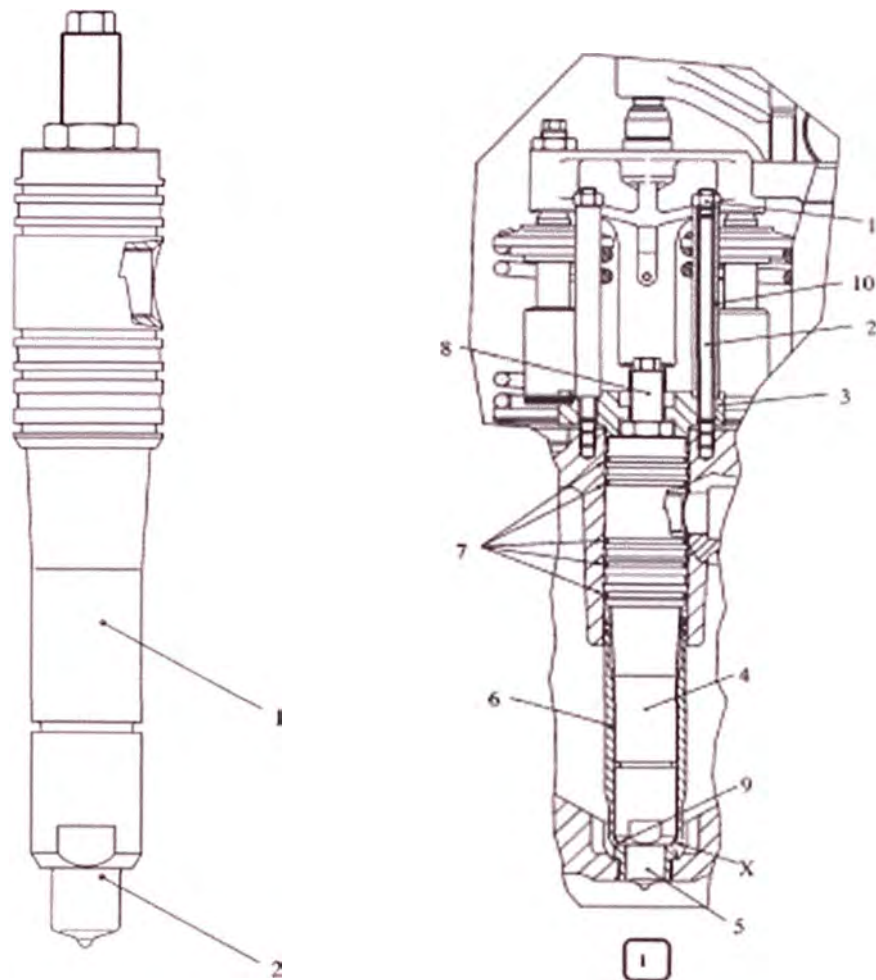


Figura 2.15 Vistas del inyector

2.2.6.5 Cigüeñal

El cigüeñal componente principal del motor, pieza forjada en acero al carbono de aproximadamente 7 m de largo compuesto por 16 muñones de biela ($\text{Ø}280 \text{ mm}$), 9 muñones de bancada ($\text{Ø}340 \text{ mm}$) unidos por flanco de codos de cigüeñal o contrapesas (16 und). Los muñones de biela y bancada tienen conductos de aceites perforados por los cuales pasa el aceite lubricante para llegar a los cojinetes respectivos.

Para reducir al mínimo la fricción y el desgaste, los muñones de los cojinetes de bancada y de biela tienen superficies resistentes al desgaste, pulidas con acabado muy fino, con una dureza superior a 40 Rc y están pulidos a un acabado de la superficie de 5 micras de pulgada.

Se acopla a la volante de giro del motor, a través de un "hub" o sello mecánico, sincronizado mediante engranajes con el eje de levas y la bomba principal de suministro de aceite lubricante, además se acopla al cigüeñal un damper de vibraciones. En la figura 2.16 se muestra la vista del cigüeñal y un corte donde se aprecia las contrapesas.

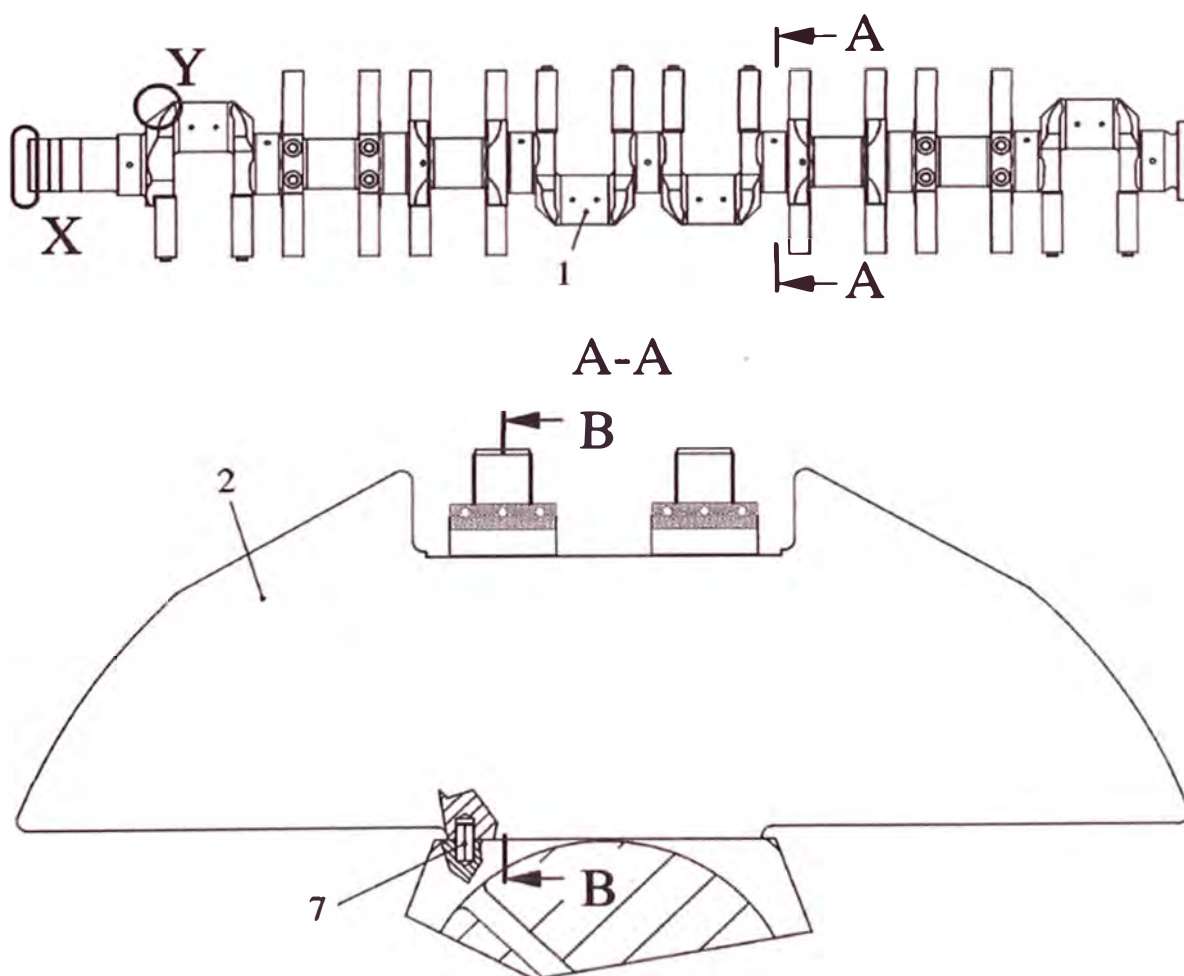


Figura 2.16. Vistas del cigüeñal, corta A-A vista de contrapesa

2.2.6.6 Biela

Biela del tipo Split, es decir partida se “amarra” mediante 08 espárragos de dilatación al ojo de la biela en la parte superior y mediante 02 pernos se sujeta la tapa de biela, estas bielas son forjadas con acero de aleación con alto índice de resistencia y tenacidad. Tratadas específicamente para soportar cargas de tensión y compresión en línea recta con su longitud; y cargas de flexión causadas por la inercia que produce la rotación del cigüeñal. Ver figura 2.17

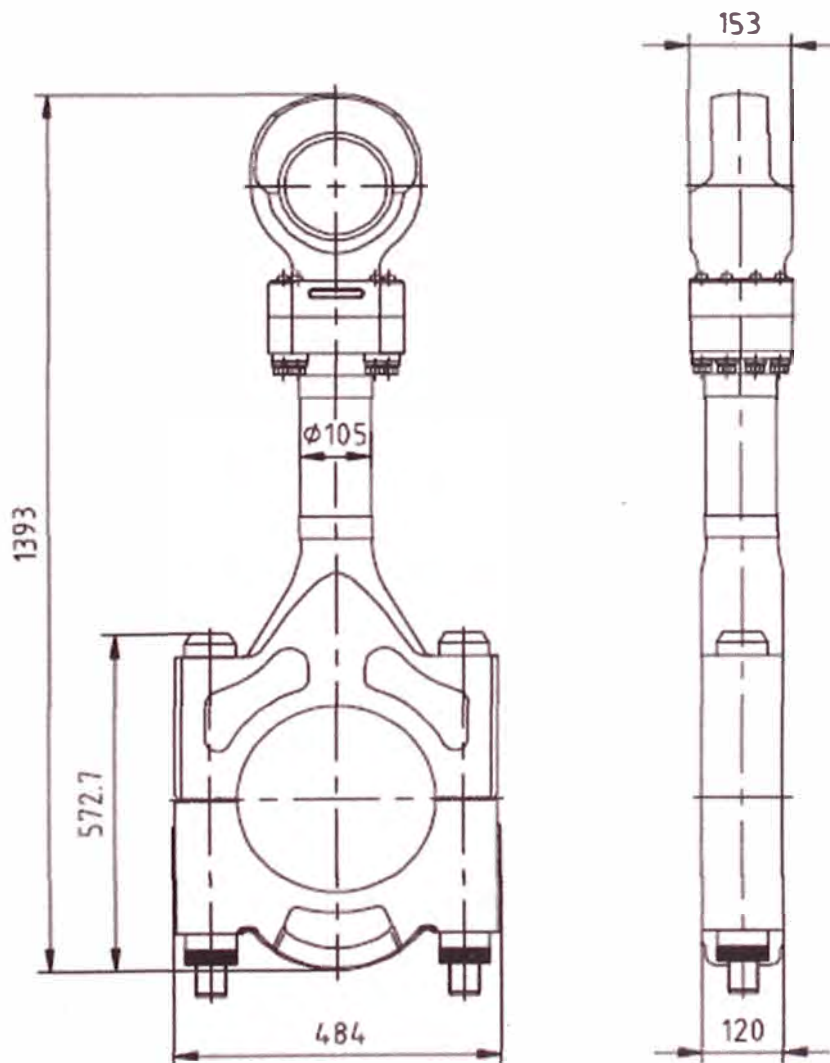


Figura 2.17: Vista de dimensiones de biela

2.2.6.7 Eje de Levas

El eje de levas es el responsable del sincronismo en apertura de válvulas en las culatas y del accionamiento de la bomba de inyección, es de tipo segmentado (01 tramo por cilindro), ver en la figura 2.18. Estos segmentos ofrecen las siguientes características:

- Las levas son integradas al núcleo del segmento.
- El sistema de impulsión de válvulas y bombas de inyección son de seguimiento de levas por rodillos.
- Cojinete tipo individual por segmento, estos bujes ofrecen un sistema de sincronización, son de tipo flotante ya que no se alojan en el bloque con interferencia o a presión, es libre.
- Los segmentos son iguales en cada lado, es decir todos los segmentos del lado "A" son iguales y todos los segmentos del lado "B" son iguales. Los del lado "A" son diferentes a los del lado B".

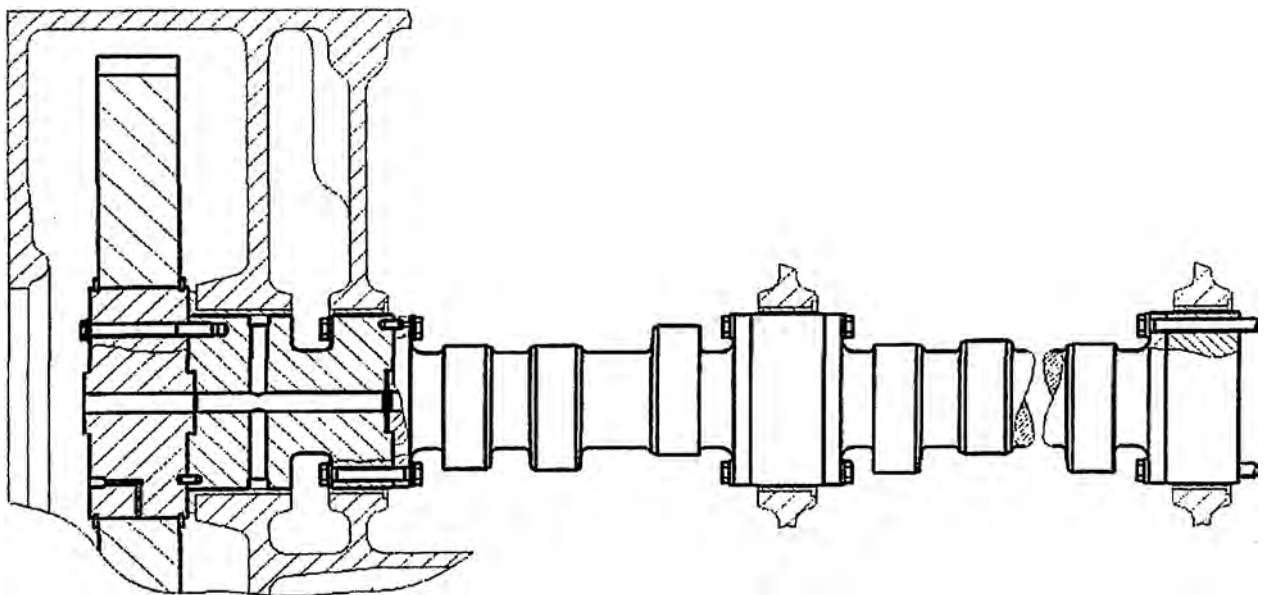


Figura 2.18. Vista de 1ra y 2da sección de eje de levas

2.2.6.8 Turbocompresores

El turbocompresor (del fabricante ABB) consiste en dos máquinas, una turbina y un compresor los cuales están montados a un eje común.

Los gases de escape del motor pasan a través del *manifold* de escape, la carcasa de entrada de gases y el anillo de toberas "nozzle ring" hacia la rueda turbina, esta rueda utiliza la energía contenida en los gases de escape para accionar la rueda compresora, de tal manera de absorber aire fresco, dicho aire es comprimido e ingresa a los cilindros, no sin antes ser refrigerado por el enfriador de aire de carga (*aftercooler/air charger cooler*).

El conjunto rueda turbina, eje y rueda compresora (Cartridge) llega a girar hasta 28000 RPM en operación a plena carga, proporcionando una presión de ingreso de aire de 3 bar. En la figura 2.19 se muestran vistas del turbocompresor.

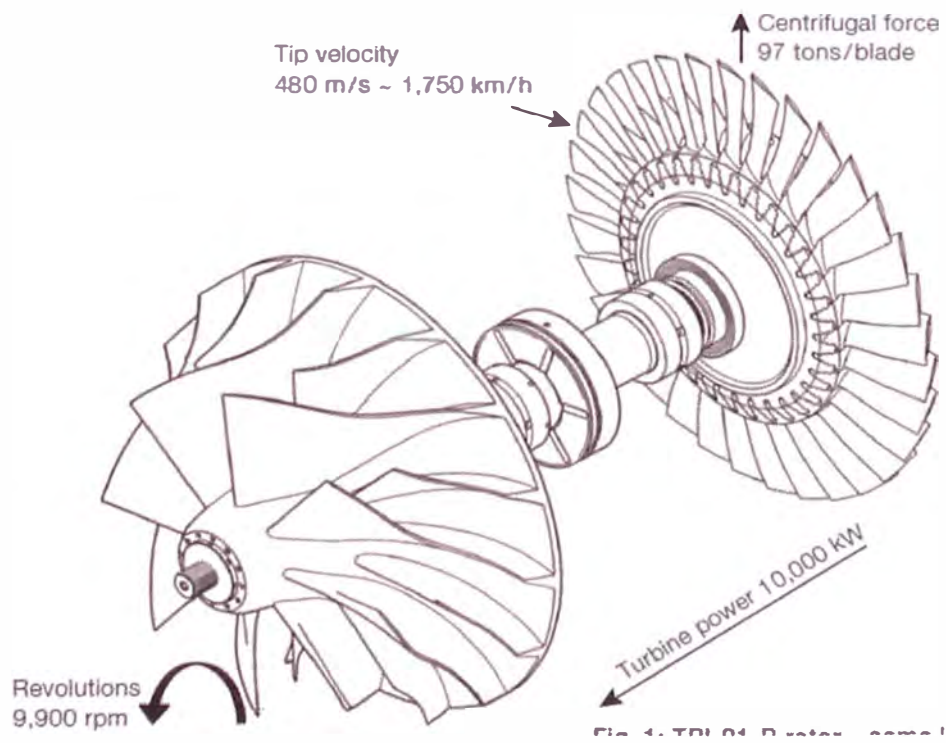
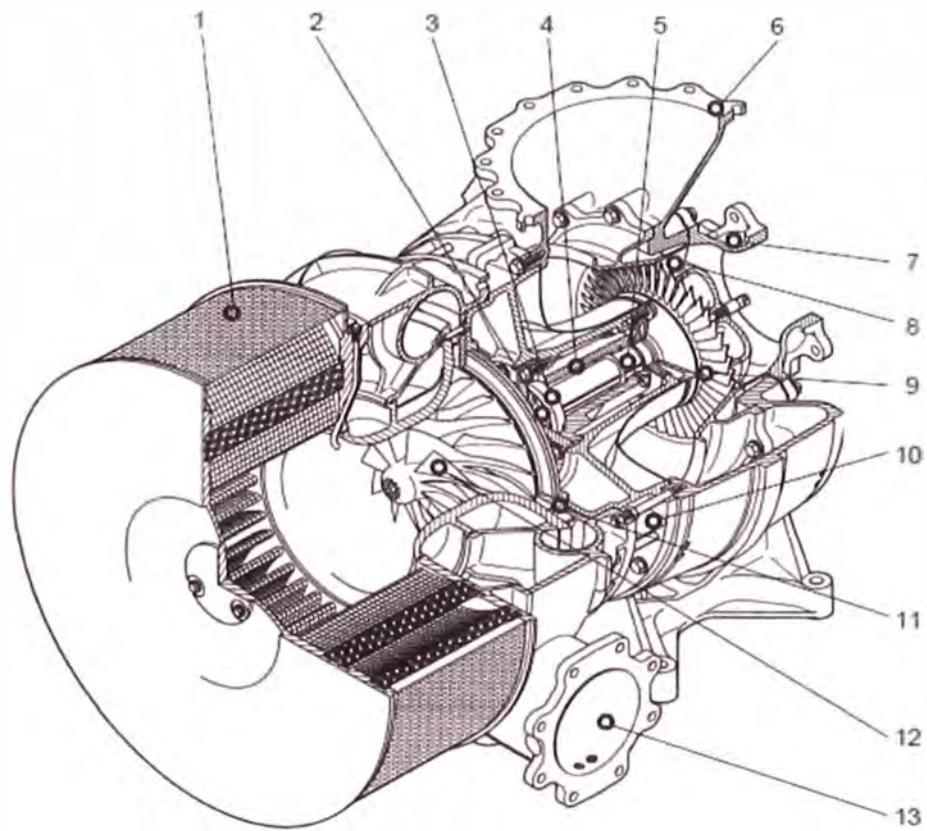


Figura 2.19 Vistas de turbocompresor

2.3 Sistemas del Motor de Combustión Interna

2.3.1 Sistema de Lubricación del Motor

La calidad del aceite tiene una gran influencia en la vida útil y en la eficiencia del motor; por lo tanto en la eficiencia económica de la operación. El aceite a utilizar es seleccionado de acuerdo a las especificaciones del combustible que se utiliza para la operación del motor. Al utilizar combustible pesado el efecto de las cantidades de los depósitos de carbón y ácido que se forman durante la combustión como resultado de las altas cenizas y contenido de azufre, debe ser neutralizado y por esta razón los aceites lubricantes únicamente que se han desarrollado para los motores diesel de media velocidad son aprobados.

Aceite Base

El aceite base debe ser de una alta calidad de producto refinado con disolvente a partir de una fuente adecuada para el aceite lubricante y debe tener una buena estabilidad a la oxidación.

Aditivos

Los aditivos en el aceite deben seguir siendo eficaces y uniformemente distribuidos a todas las temperaturas que se producen en condiciones normales de operación entre un punto de fluidez y 220 °C, así como en el almacenamiento y también deben cumplir los siguientes requisitos:

- Buenas propiedades detergentes y dispersantes (que para la operación con combustible pesado equivale a por lo menos API-CF) para prevenir la deposición de productos de combustión o disolver estos depósitos y mantenerlos en suspensión.

- Tener una adecuada alcalinidad con el fin de ser capaz de neutralizar las composiciones de ácidos de azufre que ocurren durante el proceso de combustión. Esto se da generalmente como Numero Base (TBN).

Limites

- Punto de inflamación con una disminución no menor a 180 °C.
- Disminución de la viscosidad SAE 40 (40 °C) no inferior a 120 cSt.
- Aumento de la viscosidad SAE 40 (40 °C) no superior a 200 cSt
- Contenido de vanadio no superior a 150 ppm
- El numero base TBN no debe ser inferior a 18 mg de KOH/g.
- Contenido de agua no mayor a 0,2%.

Lubricante utilizado SAE 40

Mobil Gard M430 ó Shell Argina.

Descripción:

El aceite lubricante ingresa al block del motor a través del ducto principal, impulsado por una bomba principal de aceite, de ahí se distribuye internamente hacia las bancadas del cigüeñal, los turbocompresores, eje de levas, balancines; parte del aceite sirve de refrigeración a las toberas de los inyectores, se tienen también rociadores de aceite que lubrican los engranajes de distribución. El aceite al cumplir su recorrido cae por gravedad al carter, el cigüeñal sirve de medio de conducción para posibilitar la lubricación en los muñones de biela, las bielas a su vez sirven también de puente para llevar el aceite hacia el bulón del pistón, anillos y para refrigerar internamente la corona del pistón, en la figura 2.20 se muestra las direcciones del flujo de aceite en el motor.

- Presión: 4,0 – 5,0 bar
- Temperatura: 60-65 °C
- Incremento de temperatura a la salida: 10-14 °C

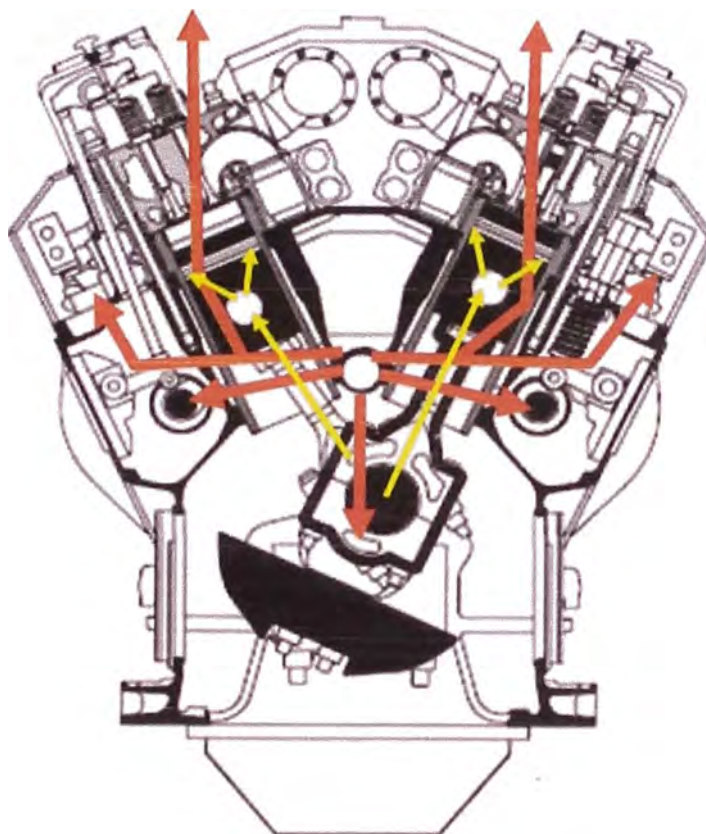


Figura 2.20 Esquema del flujo de aceite en el motor

2.3.2 Sistema de Combustible en el motor

“*HFO - Heavy fuel oil*”: Se denomina combustibles pesados a los residuos de la refinación del petróleo.

El combustible debe representar una mezcla homogénea de hidro-carbono procedente de la elaboración de aceite mineral, el carburante no deberá contener otras sustancias (por ejemplo ácidos minerales). Dependiendo de si se trata de la más alta viscosidad, o de una mezcla con destilados para obtener la viscosidad

requerida, las siguientes designaciones para los combustibles se utilizan en la actualidad:

- Bunker Fuel Oil (BFO)
- Marine Fuel Oil (MFO)
- Light Fuel Oil (LFO)
- Heavy Fuel Oil (HFO)

Varias organizaciones, como:

- BSI: British Standards Institution
- CIMAC: Conseil International des Machines a Combustión
- ISO: International Organisation for Standardisation

Están avocadas a encontrar las especificaciones de valores límite aplicables a nivel internacional para los combustibles marinos, especialmente para combustible pesado, y debido a sus actividades nuevas designaciones se introducirán para describir las propiedades del combustible.

Especificaciones CIMAC

De la base de la especificación ISO, el *CIMAC Working Group "Future Fuels"* ha dividido a los combustibles según sus datos físicos y químicos, que son determinantes para una operación confiable del motor. La especificación CIMAC no es totalmente concordante con las especificaciones ISO, las diferencias más importantes son las siguientes: CIMAC ofrece límites menores de densidad para los combustibles. La especificación CIMAC es la base para las especificaciones Caterpillar-Mak, por lo que se tomará como referencia para el presente informe las especificaciones CIMAC.

Aditivos:

a) Aditivos anti-emulsionantes

Estos aditivos se agregan durante el abastecimiento de combustible, pueden evitar aglomeraciones tipo lodo y romper emulsiones de combustible pesado de agua en los tanques de sedimentación que normalmente no podía separarse de una forma sencilla mediante un proceso de separación (proporciones de mezcla 1: 3000 a 1: 6000).

b) Aditivos contra la corrosión de alto temperatura

La corrosión de alta temperatura puede ocurrir en las válvulas de escape y alabes de la turbina cuando se quema combustible pesado que contiene vanadio y sodio.

Limites

- El contenido de sodio y agua deben mantenerse tan bajo como sea posible (agua inferior al 0,2% en peso).
- El contenido de cenizas determina el desgaste mecánico. Así que debe dar preferencia combustible pesado con un bajo contenido de cenizas.
- El punto de inflamación del combustible pesado debe estar por encima de 60 °C.

Combustibles que puede utilizarse

Los combustibles permisibles para el uso en el motor Cat Mak se muestran en el anexo 2.2. Así como las especificaciones según lo revisado en el presente contexto de combustibles.

Descripción

El sistema de combustible es de alimentación forzada, llega el combustible hacia las bombas de inyección, a través de las tuberías de suministro de combustible paralelas al motor (Lado A y B), bajo condiciones propias de caudal y presión; el combustible en exceso, circula por la tubería de distribución correspondiente, se une al lado opuesto y regresan a un tanque (tanque de mezcla). La presión de inyección es creada mediante accionamiento mecánico, cuya fuente motriz son los ejes de levas. El combustible ingresa al cilindro mediante el inyector, existe un inyector por cada cilindro.

- Presión de ingreso a las bombas de inyección: 4-5 bar
- Viscosidad del combustible en la inyección: 10-12 cSt
- Presión de apertura de toberas de inyección: 450 bar
- Temperatura de ingreso de combustible a las bombas de inyección: 130-140 °C.

2.3.3 Sistema de Refrigeración del Motor

El sistema de refrigeración consta de un circuito de agua de refrigeración cerrado con un volumen de agua que debe mantenerse constante, en función de la pérdida por evaporación se debe añadir cierto volumen. El control del nivel del agua de refrigeración se verifica en el depósito o tanque de expansión.

Los motores diesel modernos necesitan requerimientos particulares para el agua de refrigeración debido al incremento de la potencia y el consiguiente aumento en la disipación del calor; estos requisitos solo pueden ser satisfechos de acuerdo a una preparación adecuada y una supervisión para mantener el agua de

refrigeración acorde a los requerimientos. Tres hecho importantes deben ser considerados para un tratamiento adecuada:

- Agua dulce
- Agente inhibidor de corrosión
- Dosificación exacta del agente inhibidor

Requerimientos del sistema de refrigeración

Utilizar siempre agua clara y limpia:

- Agua natural
- Condensado
- Agua totalmente des-ionizada

Limites (Ver tabla 2.5)

	corrosion-inhibiting oil	Chemicals
total - alkaline earths mmol / l - Hardness * ° dGH	0,5 - 2,2 3 - 12	0 - 1,8 0 - 10***
pH value ** at 20 °C	6,5 - 8	
Chloride ion content mg / l	max. 100	
total chloride + sulphate ions mg / l	max. 200	

Tabla 2.5 Parámetros límites del refrigerante

Descripción

El sistema de refrigeración es de tipo combinado, es decir el circuito de alta temperatura (HT) es regulado mediante mezcla, por el circuito de baja temperatura

(LT) que es la única agua que llega al radiador para el “enfriamiento” o regulación de temperatura.

Existen configuraciones en donde el HT y LT van por tuberías independientes y existen radiadores independientes para cada sistema, el sistema HT maneja un caudal máximo de 150 m³/Hr., el caudal del sistema LT es de un máximo de 119 m³/Hr., el agua del sistema HT es quien refrigera el motor pasando por tuberías de suministro y distribuyéndose en las culatas y cámaras de agua. El agua del sistema LT refrigera el aire de admisión debido a su paso por el aftercooler.

- Temperatura de salida del motor: 80-90 °C
- Incremente de temperatura: 7-10 °C
- Presión de circulación: 4-5 bar.

2.3.4 Sistema de Aire de Admisión y Gases de Escape del Motor

El sistema de turbo alimentación, responsable del 75% de la potencia neta del motor, consiste en turbos de propulsión axial en combinación con una rueda de compresión de aire de combustión radial; una tobera direccionadora de gases, ubicada a la entrada de la turbina del turbo, la cual orienta los gases de escape para convertir el flujo de gases que ingresa axialmente al compartimiento de la turbina, en energía motriz de torque radial. La turbina y la rueda compresora comparten un mismo eje, así que el movimiento de la turbina se traduce en movimiento radial de la rueda compresora. La compresora se ubica dentro de un compartimiento donde se produce vacío, compresión/presurización de aire de combustión hacia las cámaras de combustión de cada cilindro. El aire de combustión es succionado del ambiente a través de un filtro húmedo.

Al comprimirse/presurizarse el aire de ambiente al interior de la carcasa de la rueda compresora del turbo, su temperatura se eleva sustancialmente. En consecuencia, su densidad y la presencia de oxígeno se reduce. Para contrarrestar este efecto, un enfriador de aire de carga de alta eficiencia de dos etapas (alta y baja) se encarga de bajar la temperatura a rangos aceptables de operación (desde 200 a 50/60 °C aproximadamente).

2.4 Fundamento del Generador

Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre dos de sus puntos llamados polos o terminales transformando la energía mecánica en energía eléctrica.

Clasificación

Los generadores se clasifican en dos tipos fundamentales:

- **Primarios.** Convierten en energía eléctrica la energía de otra naturaleza que reciben o de la que disponen inicialmente, como alternadores, dinamos, etc.
- **Secundarios.** Entregan una parte de la energía eléctrica que han recibido previamente, es decir, en primer lugar reciben energía de una corriente eléctrica y la almacenan en forma de alguna clase de energía. Posteriormente, transforman nuevamente la energía almacenada en energía eléctrica, ejemplo son las pilas, baterías recargables, etc.

Generador o Alternador Síncrono

Es una máquina eléctrica rotativa que genera corriente alterna, su funcionamiento se rige por las leyes de la inducción magnética.

Tipos y/o formas constructivas

En los grupos electrógenos se encuentran generadores síncronos de las siguientes formas constructivas:

- Armadura rotativa
- Campo rotativo
- Generador con escobillas
- Generador sin escobillas

Para nuestro caso particular, debido al generador utilizado en el grupo electrógeno Cat Mak, comentaremos acerca del generador sin escobillas.

Generador sin escobillas

La configuración de este generador se inicia cuando se hizo confiable y económico el uso de los rectificadores semiconductores, el resultado es la unidad generadora compacta, auto excitado y auto regulado de mayor aplicación actual.

Componentes Principales de un Generador sin escobillas

Un generador síncrono de corriente alterna, sin escobillas, consiste en cuatro principales componentes y/o sistemas:

- Generador principal: compuesto de un campo (rotor) y una armadura (estator) principal.
- Excitatriz: es un generador auxiliar que suministra potencia de excitación para formar el campo.
- Rectificador rotativo: formado por un puente rectificador de diodos que convierten la tensión alterna en tensión continua que se inyecta al campo.
- Regulador automático de voltaje.

- Generador de imán permanente (PMG): alternado auxiliar usado como fuente de potencia para alimentar al campo de excitatriz.

2.5 Descripción del Generador

Las características del generador se muestran en los anexos indicados.

- Ver anexo 2.3 Especificaciones técnicas
- Ver anexo 2.4 Dimensiones

En dichos anexos se muestra información relevante del generador.

2.6 Fundamento del tablero

2.6.1 Conceptos del Control de Equipos y Monitoreo

El sistema de monitoreo está diseñado para cubrir las necesidades específicas para el motor Diesel, y también para ofrecer funciones e interfaces que son esenciales para la operación del grupo electrógeno:

- El generador es un componente del grupo electrógeno.
- Existe una correlación directa entre el equipo eléctrico y el motor Diesel.
- Diferentes modos de funcionamiento (por ejemplo, la operación de y despacho de carga / operaciones principales en paralelo) se toman en cuenta para el sistema de control del grupo electrógeno.

El sistema de control está estructurado según: El sistema de gestión del grupo electrógeno *Gen-Set Management System "GMS"*. (ver figura 2.21).

2.6.2 Sistema de Gestión: "Gen-Set Management System"(GMS)

El Gen-Set Sistema de Gestión es el sistema de control para grupos electrógenos Cat Mak, el sistema consta de los siguientes componentes:

- Panel Local de Datos “Local Data Board LDB”
- Unidad de control y monitoreo “Control and Monitoring Unit for Gen-Set CMG-2”
- Modulo remoto interconectado “Interconnecting Remote Module IRM-2”
- Unidad de medición y de Protección “Measurement and Protección Unit MPU”

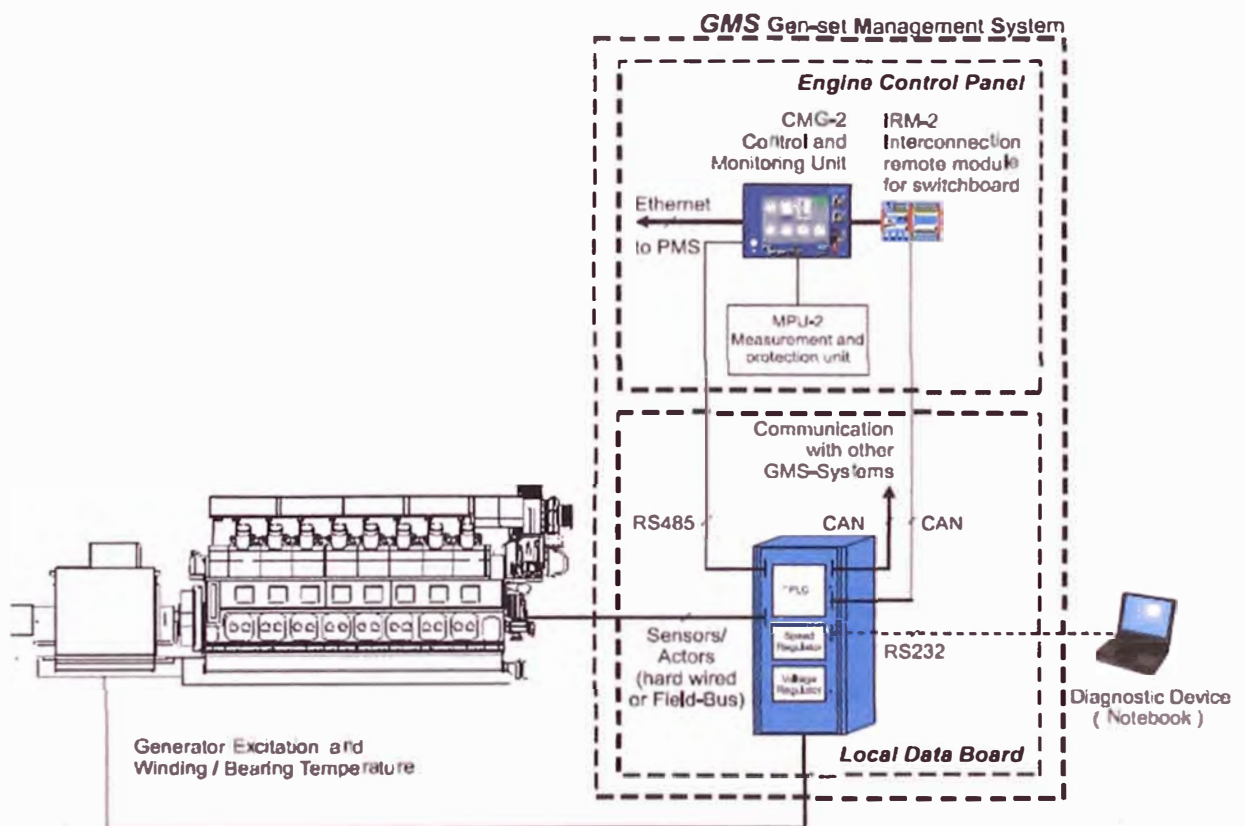


Figura 2.21. Esquema del sistema de gestión GMS

El Local Data Board “LDB”. Está configurado junto al grupo electrógeno, los sensores y actuadores están cableados al LDB. EL LDB alberga el sistema de control lógico programable PLC para el libre control y supervisión del motor y de las interfaces correspondientes. Esta cabina ofrece espacio adicional para la

instalación del gobernador electrónico de velocidad y el regulador de tensión del generador.

El *Control and Monitoring Unit for Gen-Set CMG-2*. Es una computadora industrial con pantalla gráfica a color de 10,4 pulgadas. El sistema operativo es Windows 95 y el programa gráfico utilizado es "InTouch". Esta unidad permite el arranque y parada del motor, cambiar la velocidad / potencia, cambiar el generador de encendido y apagado, el cambio de la / potencia reactiva de tensión y muestra alarmas. Se muestran varios pantallazos del menú con toda la información importante en forma de imágenes gráficas con valores medidos. (Ver anexo 2.5).

El operador es capaz de seleccionar los valores medidos como histogramas y se les muestra con diferentes resoluciones. Es posible conectar un teclado de PC para la parametrización y el cambio de parámetro es posible con la protección de contraseña.

En la pantalla digital integrada, todos los valores de medición eléctrica se alimentan al CMG-2 a través de una interfaz y se muestra como instrumentos de medición análogos. Además, la unidad cuenta con una función de protección del generador como protección de sobre corriente, protección en tiempo y en 2 etapas de sobretensión, baja frecuencia y protección de potencia inversa; protección del motor como protección de baja presión de aceite, protección por sobre velocidad, protección por alta temperatura de refrigerante (y se pueden agregar más funciones de protección).

2.6.3 Funciones del tablero de control

Además del Start / Stop y la función de supervisión, el sistema GMS cuenta con las siguientes funciones:

- Inicio de la preparación del programa de puesta en marcha del motor específico.
- Programación de perfiles de carga específicos (rampas de carga).
- El tiempo de funcionamiento por encima del 100% de la carga nominal se indica y se almacena.
- Control de potencia de acuerdo con la configuración de CMG-2 o desde el exterior.
- Reducción de potencia activa en función de la potencia reactiva en la red el funcionamiento en paralelo con redes débiles (protección de sobrecarga del generador).
- Monitoreo de valor medio de escape de gas con factores de corrección configurables dependiendo de la potencia del generador.
- Visualización y supervisión de la posición del rack de suministro de combustible en relación con la potencia del generador. En el caso de que un mayor desviación se produce entre la posición del rack y la potencia, se libera una alarma.

2.6.4 Sistema de Control de Velocidad del Motor

El motor 16CM32 está equipado con un sistema de gobernación electrónico el cual consiste en un Actuador Woodward UG 40 y un control de sistema digital 723.

El actuador UG 40 es un accionador electro-hidráulico que puede ser utilizado mediante controles electrónicos que proporcionan una señal de posición de 20 a 160 mA. El actuador convierte una señal eléctrica dada a una posición del eje de salida a través de la acción de un par motor y la válvula piloto. El control digital de velocidad 723 controla la velocidad y la carga del motor en conjunto con el generador. (ver figura 2.22)

El control incluye entradas para interruptores de proximidad y velocidad (pick up), la configuración y ajuste del 723 se realiza mediante software y/o mediante un programador portátil "Hand Hell".

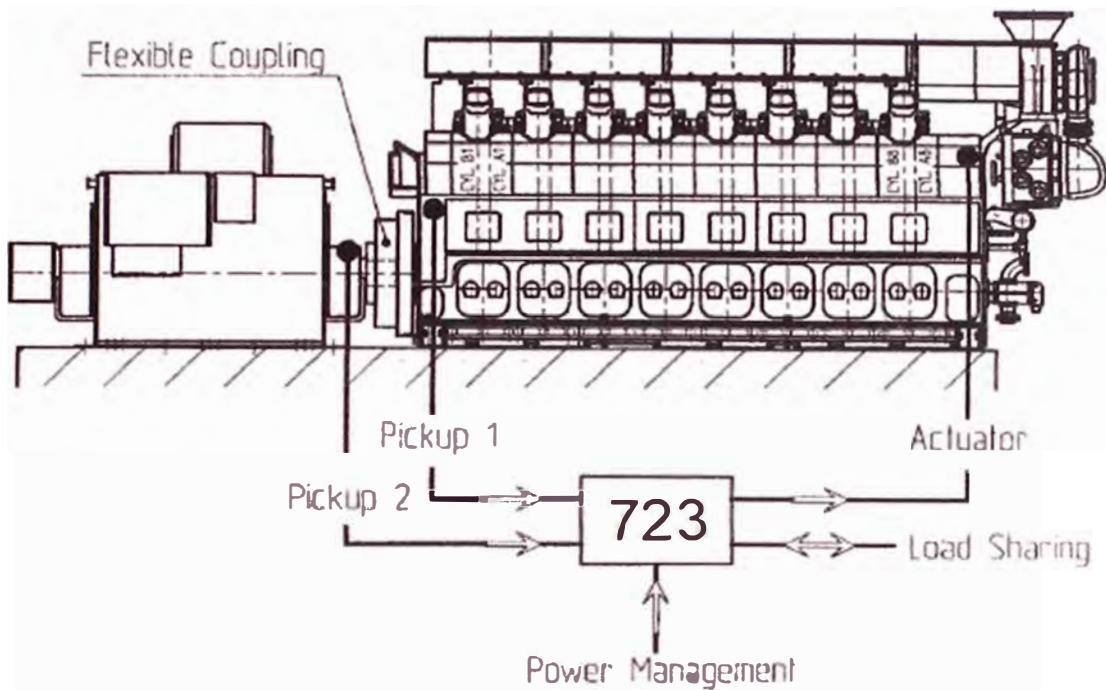


Figura 2.22. Esquema del sistema de control de velocidad del motor

2.7 Descripción del tablero

2.7.1 Características Técnicas del Tablero de Control

Rangos:

- Voltaje: Hasta 600 V.
- Frecuencia: 60 Hz
- Voltajes de control: 24 V DC / 400-230 V AC
- Clase de protección: IP 42 (de acuerdo a IEC / DIN)

Dimensiones (aproximadas)

- Altura: 2000 mm
- Ancho: 800 mm
- Profundidad: 600 mm

CAPITULO 3

SISTEMAS AUXILIARES DEL GRUPO ELECTROGENO CAT MAK

3.1 Sistema de Aire de Arranque y de Instrumentación

El sistema de aire de arranque y de instrumentación tienen las funciones de proporcionar al motor aire comprimido a una presión de 30 bar para el proceso de arranque y aire comprimido, seco y filtrado (mejor calidad) a una presión de 6 bar para su utilización en los equipos de instrumentación y control de los diferentes sistemas del motor.

3.1.1 Componentes

El sistema de aire de arranque y de instrumentación está compuesto por los siguientes elementos:

- 02 compresores de 30 bar.
- 02 botellas para almacenamiento del aire comprimido
- Dos filtros para el aire de instrumentación
- Dos reductores de presión de 30 a 6 bar para el aire de instrumentación

Ver fotos. Anexo 3.2

3.1.2 Funcionamiento

El aire es aspirado del ambiente por los compresores los cuales comprimen y eleva la presión del aire hasta 30 bar, luego es almacenado en las botellas de almacenamiento las cuales lo distribuyen hacia los motores y al sistema de aire de instrumentación donde la presión es reducida a 6 bar.

En los motores el aire de 30 bar es utilizado para el arranque. En el motor el aire de 30 bar es reducido a 7.5 bar por medio de una válvula de instrumentación, para ser utilizado en el sistema de paro de emergencia, para el oil mist detector (protección de motor por alta concentración de gases en el carter) y para el aire de barrido de las mangueras de lavado de ruedas turbinas cuando la maquina está a baja carga. El aire de instrumentación (6 bar) es utilizado en el sistema de combustible, separadoras y bombas neumáticas.

Ver esquema del sistema de aire. Anexo 3.2

3.2 Sistema de Lubricación

El aceite lubricante es uno de los principales elementos del cual depende el buen funcionamiento y vida útil del motor, el aceite lubricante cumple con las siguientes funciones:

- Minimizar la fricción
- Absorber el calor
- Evitar corrosión e incrustación
- Capturar residuos de la corrosión

Los motores 16CM32 utilizan aceite SAE 40, la viscosidad a 40 °C no debe ser menor a 102 cSt ni mayor a 200 cSt, la finalidad de este aceite es lubricar las

partes móviles del motor, la presión de operación es de 5 bar y 65 °C de temperatura al ingreso al motor.

3.2.1 Componentes

Se compone de los siguientes:

- Bomba de descarga: transfiere el aceite hasta los tanques de almacenamiento.
- Tanque de almacenamiento: tanque para almacenar el aceite recibido.
- Bomba de transferencia: bomba que transfiere aceite desde el tanque de almacenamiento hasta el tanque de circulación.
- Tanque de circulación: tanque donde se deposita el aceite lubricante después de su recorrido por el sistema de lubricación.
- Bomba principal: bomba de engranajes acoplada al motor.
- Modulo combinado: en este módulo se combinan los sistemas de lubricación y enfriamiento del motor, los componentes que forman parte del sistema de lubricación en esto modulo son:
 - ❖ Bomba de pre-lubricación
 - ❖ Filtro automático de aceite
 - ❖ Filtro dúplex de aceite
 - ❖ Válvula automática de 3 vías reguladora de temperatura
 - ❖ Intercambiador de calor (enfriador de placas)
- Módulo de separación: Su finalidad es limpiar y purificar el aceite por medio del método de centrifugación, está compuesto por una separadora centrifuga que separa el agua y los sólidos más densos del aceite.

Ver fotos. Anexo 3.3

3.2.2 Funcionamiento

El aceite es succionado del tanque de circulación por medio de la bomba principal que eleva la presión a 7 bar, el aceite es impulsado a través del filtro automático por medio de la válvula de 3 vías reguladora de temperatura, el aceite pasa a través del intercambiador de calor (enfriador) para bajar su temperatura de 78 °C a 65°C, luego pasa por el filtro dúplex y seguidamente pasa a cumplir su función de lubricar el motor a una presión de 5 bar a 65°C, para terminar su ciclo en el tanque de circulación. Es de importancia menciona que en este ciclo el aceite antes de entrar al motor tienen una derivación para lubricar el cojinete acoplado del generador.

El aceite lubricante en su recorrido por el sistema de lubricación del motor sufre un incremento en su temperatura de 10-14 °C con potencia nominal del motor.

Ver esquema del sistema de lubricación. Anexo 3.4

3.3 Sistema de Refrigeración

El sistema de agua de enfriamiento tiene como finalidad el enfriamiento del motor y el aire de carga en su primera etapa con el sistema de HT (88 °C – 4,5 bar a la salida del motor) y con el sistema LT enfriar el aire de carga en su segunda etapa, enfriar el aceite lubricante y enfriar el sistema de combustible.

3.3.1 Componentes

Los componentes del sistema de agua de refrigeración o enfriamiento son los siguientes:

- Tanque de compensación: amortigua los cambios de volumen del agua de enfriamiento debido a los cambios de temperatura, también es utilizado para hacer rellenos al sistema por pérdidas.
- Radiadores: enfrían el sistema de agua de enfriamiento después de completar su recorrido por los distintos sistemas, está compuesto por extractores y serpentines que ayudan a disipar el calor.
- Bomba LT: impulsa el agua de LT succionada desde los radiadores (45 °C – 4 bar) a través del enfriador del sistema de combustible, enfriador de aceite, enfriador de aire de carga mezclándose con el agua de HT.
- Bomba HT: succiona una parte del agua de LT después de haber realizado su recorrido, también succiona por medio de la válvula de 3 vías una parte del agua que sale del motor, impulsa el agua a través del enfriador de aire de carga y a través del motor a una presión de 4,5 bar para luego mezclarse con el agua de LT.
- Válvula de 3 vías reguladora de temperatura de HT: regula la temperatura del agua HT a la salida del motor, de ser necesario se toma agua del sistema LT para lograr mantener el rango de 88 °C.
- Válvula de 3 vías reguladora de temperatura de aire de carga – LT: regula la temperatura del aire de carga que debe ser 55 °C, esto se logra enviando un mayor volumen de agua hacia el enfriador de aire de carga.
- Unidad de precalentamiento: se utiliza para mantener el agua de HT a una temperatura de 70 °C cuando el motor está fuera de operación, consta de un calentador y una bomba para mantener el agua en recirculación.

Ver fotos. Anexo 3.5

3.3.2 Funcionamiento

El agua es succionada desde los radiadores por medio de la bomba de LT que la impulsa a través de la válvula reguladora del aire de carga a una temperatura de 45 °C y 4 bar de presión, esta decide si el agua pasa por la segunda etapa del enfriador del aire de carga o pasa directamente al enfriador de aceite, luego el agua pasa a mezclarse con una parte del agua de HT a la salida del motor, mientras la otra parte se mezcla con el resto del agua de HT.

La bomba de HT succiona parte del agua de LT y una parte del agua que sale del motor por medio de la válvula de 3 vías reguladora de temperatura de HT, el agua es impulsada por la primera etapa del enfriador del aire de carga a una presión de 4,5 bar y luego pasa a enfriar el motor (85 °C a la salida del motor). Después de este recorrido se une con el agua de LT para pasar a los radiadores para completar el ciclo.

En su recorrido el agua de enfriamiento sufre un incremento en su temperatura de 7-10 °C con potencia nominal del motor.

Ver esquema del sistema de refrigeración. Anexo 3.6

3.4 Sistema de Combustible

El sistema de combustible tiene como finalidad suplir al motor con combustible limpio, con la cantidad y presión necesaria a su debido tiempo para su correcta operación. Los motores 16CM32 trabajan con combustibles fósiles diesel y bunker, la viscosidad máxima permitida para el combustible bunker es de 700 cSt a 50 °C en el módulo de descarga, la viscosidad de inyección debe ser de 10-12 cSt (138°C) a 6 bar para conseguir una buena mezcla y atomización, la temperatura del combustible no debe exceder los 150 °C a la entrada del motor.

3.4.1 Componentes

El sistema de combustible está compuesto por los siguientes elementos:

- Módulos de descarga o transferencia: su función es transferir el combustible recibido hacia los tanques de almacenamiento, está compuesto por 02 bombas de transferencia.
- Tanque de almacenamiento HFO: su función es almacenar el combustible HFO recibido, la temperatura de operación es de 70 °C, también tiene como función separar el agua y los cuerpos sólidos del combustible, por medio del proceso de decantación por la diferencia de densidad.
- Tanque de servicio diario: su función es recibir el combustible HFO tratado en la unidad de separación y que luego será enviado por la unidad de pre-presión al módulo de circulación del motor para su consumo, la temperatura de operación es de 95 °C.
- Módulo de separación de HFO: su función es limpiar y purificar el combustible HFO por medio del método de centrifugación y está compuesto por 2 separadoras y la válvula de 3 vías de control de nivel del tanque de servicio.
- Módulo de pre-presión de combustible: Su función es transportar el combustible desde el tanque de servicio de HFO o desde el tanque de almacenamiento de diesel a una presión de 5 bar a través del filtro automático de combustible (operación en HFO) hacia el módulo de circulación, sus principales componentes son:
 - ❖ Bombas de pre-presión de combustible HFO
 - ❖ Bomba de pre-presión de combustible diesel

- ❖ Filtro automático de combustible
- ❖ Contador de combustible diesel
- Módulo de circulación de combustible: se encarga del suministro y tratamiento final del combustible antes de entrar al motor, en él se logra la presión, temperatura y viscosidad necesaria para un buen funcionamiento del motor, sus principales componentes son:
 - ❖ Contador de combustible
 - ❖ Tanque de mezcla
 - ❖ Bomba de circulación
 - ❖ Calentador final
 - ❖ Viscosímetro
 - ❖ Enfriador de combustible
 - ❖ Filtros dúplex de combustible

Ver fotos. Anexo 3.7.

3.4.2 Funcionamiento

El combustible es recibido en el módulo de transferencia, luego es enviado por las bombas de transferencia hacia el tanque de almacenamiento donde se mantiene a una temperatura de 70 °C, las separadoras centrifugas toman el combustible a una temperatura de 96 °C, luego lo envían al tanque de servicio a través de la válvula de 3 vías de control de nivel del tanque de servicio y se mantiene a una temperatura de 95 °C, después las bombas de pre-presión succionan a una presión de 5 bar a través del filtro automático de combustible.

Luego en el módulo de circulación el combustible es recibido a una temperatura de 95 °C, el combustible pasa por la válvula de 3 vías seleccionadora

de combustible (HFO-LFO) luego pasa por el contador de combustible HFO y al tanque de mezcla, la bomba de circulación lo succionan y eleva la presión a 6 bar, luego pasa al calentador final donde se obtiene la viscosidad deseada (12 cSt 138 °C) por medio del control del viscosímetro para pasar al motor por medio de los filtros dúplex, el combustible es inyectado a la cámara de combustión a una presión de 1,600 bar, el combustible que no es consumido por el motor regresa al tanque de mezcla a través de la válvula de 3 vías de flushing para iniciar un nuevo ciclo.

Ver esquema del sistema de combustible diesel. Anexo 3.8

Ver esquema del sistema de combustible residual. Anexo 3.9

3.5 Sistema de Gases de Escape y Aire de Admisión

Su función es suplir al motor con aire de sobrealimentación por medio de los turbo cargadores a una presión de 3 bar y 55 °C y evacuar los gases resultantes de la combustión al ambiente a través de la chimenea.

3.5.1 Componentes

Sus componentes son los siguientes:

- Filtros húmedos de aire de carga: es una cortina de persianas giratorias bañadas constantemente en aceite (viscosina) para contener todas las impurezas solidas que contenga el aire.
- Silenciador de admisión: es una cámara metálica que se utiliza para reducir el ruido que produce la velocidad y la presión del aire succionado por el compresor del turbocargador.
- Turbocargador (compresor): absorbe la fuerza de los gases de escape por medio de la turbina y esta se la transmite al compresor para

comprimir el aire succionado y elevar así su presión para lograr u mejor rendimiento del motor.

- Enfriador de aire de carga: es un intercambiador de calor que se utiliza para enfriar el aire de carga que ha incrementado su temperatura luego de haber sido comprimido, este consta de dos etapas en la primera etapa es enfriado por el agua de HT y en la segunda etapa es enfriado por agua de LT.
- Turbocargador (turbina): absorbe la fuerza de los gases de escape por medio de la turbina y esta se la transmite al compresor para comprimir el aire succionado y elevar así su presión para lograr u mejor rendimiento del motor
- Silenciador de gases de escape: es una cámara metálica que se utiliza para reducir el ruido que produce la velocidad y la presión de los gases al ser enviados a la atmosfera.
- Caldera de gases de escape: es un intercambiador de calor que aprovecha los gases de escape para generar vapor desde el agua que circula por los serpentines de dicha caldera, sus principales componentes son:
 - ❖ Caldera de gases de escape
 - ❖ Tanque de almacenamiento de agua de caldera
 - ❖ Electrobombas de agua de caldera
 - ❖ Manifold de vapor.
- Chimenea: es un conducto tubular que se utiliza para dirigir los gases de escape a la atmosfera.

Ver fotos. Anexo 3.10

3.5.2 Funcionamiento

El aire del medio ambiente (presión y temperatura ambiente) es forzado a pasar por los filtros húmedos, pasa por el silenciador de admisión para luego ser comprimido por el compresor del turbocargador, aquí la temperatura del aire se eleva a 220 °C a una presión de 3 bar, luego el aire es enviado al enfriador de aire de carga donde la temperatura se disminuye a 55 °C, después es introducido a la cámara de combustión de donde sale como gas y es impulsado hacia la turbina para luego pasar por el silenciador de gases de escape hacia la caldera y salir por la chimenea al ambiente.

Ver esquema del sistema de gases de escape y aire de admisión. Anexo 3.11

CAPITULO 4

TEORIAS DE MANTENIMIENTO

4.1 El Concepto Básico

El mantenimiento es la función empresarial a la que se encomienda el control constante de las instalaciones así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento conjunto y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos. Se caracteriza porque es el desarrollo de un servicio en favor de la producción.

El mantenimiento puede contribuir en gran medida a la conservación y reutilización de los recursos físicos. Teniendo en cuenta los efectos del medio ambiente puede incrementarse, por ejemplo, la resistencia de las piezas de montaje que sean susceptibles de sufrir fallas, aplicándose las correspondientes medidas de mantenimiento.

El desgaste y el deterioro se pueden disminuir. La experiencia enseña que más o menos el 50% de las fallas producidas por desgaste se pueden evitar con medidas adecuadas de mantenimiento. Por lo tanto es necesario que la empresa

tome conciencia de la importancia que tienen los trabajos de mantenimiento tratando que se pongan en práctica las medidas efectivas que significan realizarlo.

Para evitar el paro de la producción, en la mayoría de los casos no basta que los trabajos de mantenimiento se efectúen solo cuando se produzca un daño.

Por razones de costos y productividad es más conveniente mantener la capacidad de funcionamiento de los recursos físicos, actuando en forma preventiva antes de que se produzca la falla; es decir, efectuando un mantenimiento sistemáticamente planificado.

4.2 Objetivos del Mantenimiento

Las medidas de mantenimiento sirven principalmente para alcanzar los siguientes objetivos:

- Conservar la capacidad de producción de las instalaciones y de la maquinaria.
- Conservar los locales industriales.
- Minimizar los trastornos en la empresa y las fallas que estos provoquen.
- Disminuir los costos.
- Garantizar la seguridad del personal y de los recursos físicos.

Para lograrlo es necesario que el personal de la empresa esté informado sobre la necesidad de los trabajos de mantenimiento.

Es decir, tiene que estar enterado sobre las medidas planeadas y dispuesto a llevarlas a cabo, cabe mencionar también que debe contar con la capacidad de entender la importancia de la aplicación de estas teorías, a continuación se detallan los tipos de mantenimiento.

4.3 Tipos de Mantenimiento

El mantenimiento, de acuerdo a las teorías actuales, puede agruparse en dos tipos principales:

- El Mantenimiento Reactivo (MR)
- El Mantenimiento Proactivo (MPA)

Los sistemas de Mantenimiento Reactivo responden a una demanda de trabajo o a una necesidad identificada, normalmente por producción, y dependen de medidas de respuesta rápida para ser eficaces.

Las metas del enfoque reactivo son reducir el tiempo de respuesta y, por consiguiente, la reducción del tiempo de parada del equipo a un nivel aceptable. Este enfoque normalmente incorporará algún grado de mantenimiento preventivo y predictivo y se apoya en un sistema de gestión del mantenimiento computarizada.

Sin embargo, normalmente todavía es clasificado como un enfoque reactivo ya que las actividades del Proactivo representan menos del 50% de la calidad del mantenimiento total. Desafortunadamente este sistema híbrido ha sido aceptado por muchas personas, sobre todo por las personas de mantenimiento, como el enfoque óptimo al mantenimiento.

El Mantenimiento Proactivo se enfoca principalmente hacia el valor del equipo y a los procedimientos del predictivo. La amplia mayoría de trabajo correctivo, preventivo y del trabajo de modificación es generado internamente por la función de mantenimiento como resultado de las inspecciones y procedimientos del predictivo. Las metas del método Proactivo son: rendimiento continuo del equipo a las especificaciones establecidas, mantenimiento de la capacidad productiva y la mejora continua.

4.3.1 El Mantenimiento Reactivo (MR)

Es el mantenimiento en el cual no se realiza ningún tipo de planificación ni programación. Corresponde así a la reparación imprevista de fallas y se practica en las empresas, en aquellos componentes de bajo costo, donde el equipo es de una naturaleza auxiliar que no está directamente relacionado con la producción. Si se realizara en equipos directamente relacionados con la producción los costos de mantenimiento serían sumamente elevados.

Cuando el Mantenimiento Reactivo es reducido por las inspecciones del Mantenimiento Preventivo, la disponibilidad del equipo aumenta. Se debe tener cuidado en evitar ambos extremos. En algún lugar, a lo largo de la curva, está la situación más económica.

El efecto que el Mantenimiento Reactivo tiene sobre la disponibilidad del equipo se muestra en la siguiente figura 4.1. curva de costos de mantenimiento reactivo versus disponibilidad de equipo.

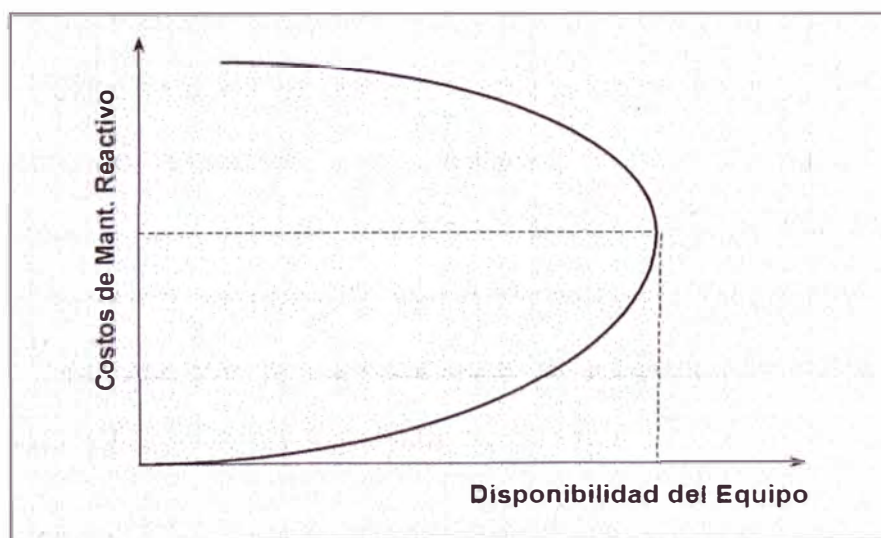


Figura 4.1 Efectos del mantenimiento reactivo sobre la disponibilidad del equipo

4.3.2 Mantenimiento Proactivo (MPA)

Es el mantenimiento planificado y programado llevado a cabo con el fin de que la administración del mantenimiento sea más eficiente. Aquí se incorpora el concepto moderno de que las funciones de mantenimiento no deben corresponder únicamente al departamento de mantenimiento, si no que parte de esas funciones se deben asignar a los departamentos de producción, investigación y desarrollo, diseño, ingeniería, compras y finanzas, así como a los proveedores, a la gerencia general y a los operadores.

Este tipo de mantenimiento abarca:

- El Mantenimiento preventivo (MP)
- El Mantenimiento predictivo (MPd)
- El Mantenimiento productivo total (TPM)

Los cuales detallaremos a continuación.

4.3.2.1 El Mantenimiento Preventivo (MP)

Es el proceso de servicios periódicos (rutinarios) al equipo. Este puede ser desde una rutina de lubricación hasta la adaptación, después de un determinado tiempo, de piezas o componentes. El intervalo entre servicios puede ser en horas de operación número de cambios de operación, en tiempo (horas, días, semanas, meses, etc.). Una vez que se ha establecido el programa, se deberán realizar chequeos para verificar si el intervalo fijado es correcto.

Las tareas de MP se pueden agrupar de la siguiente manera:

- De rutina
- Global

- Overhaul

Tareas de Rutina:

Las tareas de rutina de MP se pueden definir como las actividades sistemáticas para realizar:

- Limpieza
- Lubricación
- Inspección
- Prueba
- Ajuste
- Servicio
- Reparaciones menores

Todo ello con la finalidad de mantener al equipo en perfectas condiciones de operación. Cada tarea normalmente toma pocos minutos y el tiempo de viaje del personal de mantenimiento excede usualmente el tiempo actual de trabajo en el equipo. El énfasis aquí es sobre lo sistemático, lo cual significa que hay un número de tareas diarias, semanales o mensuales realizadas de la misma manera repetidas veces.

Tareas de Mantenimiento Global

Son aquellas actividades que usualmente involucran:

- Parcial desmantelamiento del equipo
- Empleo de varias herramientas
- Reemplazo de numerosas partes o componentes
- Alto nivel de habilidad de personal de MP

- Mucho más tiempo que las tareas rutinarias
- Planificación del Mantenimiento
- Programación del equipo para una parada planificada
- Pruebas de funcionamiento del equipo

En este caso, el equipo normalmente no es retirado de su base y es beneficiosa la participación del operador, ya que es una excelente manera de aprender más sobre “mi maquina”.

El Overhaul del Equipo (Reconstrucción)

Normalmente involucra:

- Retiro del equipo de la línea de producción
- Desmantelamiento total del equipo
- Reemplazo o reconstrucción de muchas partes, componentes o sistemas
- Empleo de muchas herramientas, incluyendo maquinas-herramientas.
- Alto nivel de habilidades del personal de MP.
- Repintado del equipo
- La participación de los proveedores
- Recalibración y prueba de funcionamiento
- Reinstalación en la línea de producción
- Mayor tiempo para su ejecución
- Un planificador/programador de Mantenimiento.

Se realiza cuando el equipo puede ser sacado de la línea de producción por un extenso periodo de tiempo. Se permite hacer, normalmente, modificaciones mayores, rediseños o implantación de alguna mejora técnica.

El costo de este tipo de mantenimiento se muestra en la figura 4.2. Al principio es más económico operar el equipo hasta que se presente una falla (mantenimiento correctivo). Sin embargo, cuando el costo de reparación llega a ser mayor que el costo de reemplazo, es tiempo de programar un overhaul. Después de realizar este tipo de mantenimiento, normalmente se reestructura el equipo a una condición próxima a la nueva. La tasa de fallas cae drásticamente.

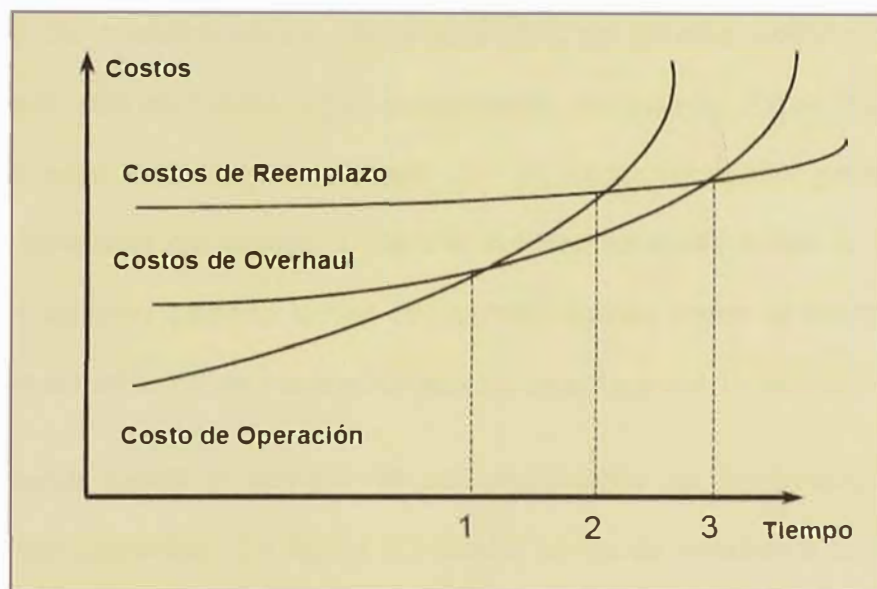


Figura 4.2 Costo efectivo del overhaul

4.3.2.2 El Mantenimiento Predictivo (MPd)

El mantenimiento predictivo (MPd) normalmente se realiza separadamente del MP, especialmente si lo realiza el departamento de ingeniería. Sin embargo, sirve para el mismo propósito que el MP: prevenir fallas del equipo, prediciendo cuando va a fallar un cierto componente, por ejemplo un rodamiento, una caja de engranajes, o un motor. El MPd incluye una serie de pruebas y análisis (criterios) tales como:

- Análisis de Vibraciones

- Pruebas de aislamiento (Megger)
- Análisis espectrografico de aceite
- Termografía
- Inspección Infrarroja
- Ensayos no destructivos
- Análisis acústico

Este tipo de mantenimiento utiliza aparatos de prueba sofisticados para ayudar a predecir cuándo fallará algún componente del equipo. Estos aparatos de prueba pueden estar incluso interactuando con un microprocesador para graficas tendencias de desgaste del equipo y mejorar las estimaciones sobre la condición del mismo. Tal sistema permite tomar decisiones lógicas como el reemplazo de partes gastadas en un turno de reparación que no interfiera con la producción.

Este sistema ayuda a eliminar el establecimiento de estándares para el reemplazo de componentes. La figura 4.3 ilustra cómo se establece un límite de control definiendo el nivel de desgaste que es aceptable. Cuando se excede este punto, el componente deberá ser cambiado. Si no es reemplazado, entonces se alcanzará el área de falla. Si se planifica cambiar cuando se alcance el límite de control, se puede programar el momento exacto para no interferir con producción.

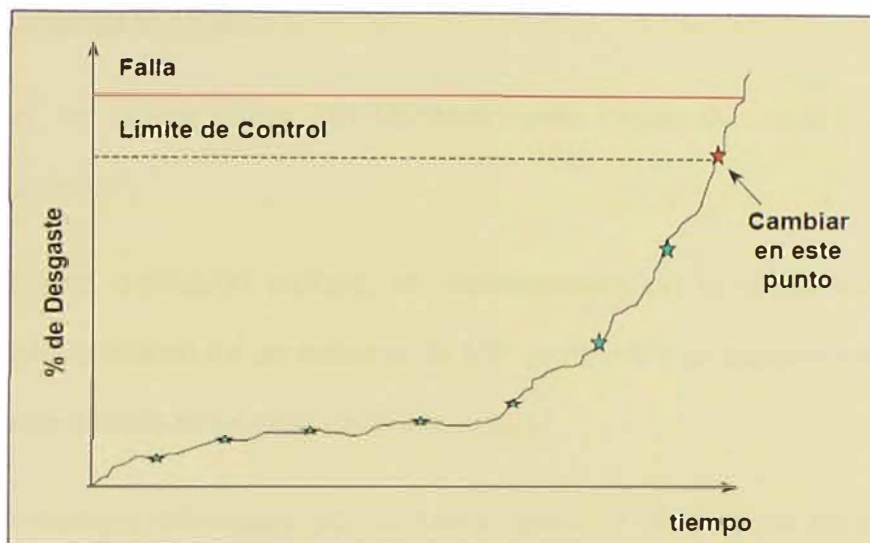


Figura 4.3 Limite de control vs desgaste

Esta clase de mantenimiento obviamente expande la definición histórica del MP. Hay compañías donde los operadores leen e interpretan señales de vibración en la computadora instalada en el equipo. Hay muchas otras compañías donde el personal de MP realiza todas las tareas del Mantenimiento Predictivo.

4.3.2.3 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM, en cualquier lugar del mundo de hoy, es un tema de conversación de los gerentes de mantenimiento, producción y planta, tratando de encontrar ya sea más información, o de implantarlo en su planta. Grandes compañías de todo del Mundo Occidental como la Ford Motor, Motorola, Eastman Kodak, Texas Instrumentes, IBM, y muchas otras han comenzado a instalar el TPM o ya ha tenido éxito en ello.

Parece ser una de las modas más importantes de la tecnología de manufactura moderna. A continuación se detallara exactamente nociones acerca del mantenimiento productivo total TPM, con definiciones en base a los conceptos actuales de clase mundial.

¿Qué es exactamente el TPM?

En Japón, se define como: “El Mantenimiento Productivo que involucra la participación de todos”.

Parte de esta definición incluye, la maximización de la efectividad de los equipos, el establecimiento de un sistema de MP completo y el compromiso de que “El TPM involucre a cada empleado de la compañía”.

Esta definición es adecuada, por supuesto, pero es un enfoque japonés. Esta definición involucra “a Mantenimiento” y “a cada empleado de la compañía” esto último ha causado muchos problemas en las compañías occidentales por diferencia de culturas. Una definición más apropiada y aceptable se concentra en la máquina. El Sr. Edward Hartmann (fundador y presidente del International TPM Institute, Inc.) ha definido así el TPM para ser aplicado en las compañías del Occidente:

“El TPM mejora permanentemente la efectividad global de los equipo, con la activa participación de los operadores”

Esta definición enfatiza en “la efectividad global del equipo” y no en el mantenimiento y en “una activa participación de los operadores” en vez de “todos los empleados de la compañía”.

Mientras el TPM involucre, además del personal de Mantenimiento y operadores, a ingenieros, vendedores, supervisores y otros, la mejora de la efectividad global del equipo estará claramente acompañada de un buen equipo de trabajo.

Parte del mejoramiento y del mantenimiento de los equipos a su más alto nivel de rendimiento es adoptar metas ambiciosas. Como las metas “Cero defectos” de calidad de gestión, las metas del TPM son similares respecto de los equipos:

- Cero tiempos de parada no planeada
- Cero productos defectuosos causados por equipos
- Cero pérdidas de velocidad de equipos.

En la actualidad la participación de los operadores (bajo el TPM) es un enfoque altamente recomendado.

Conforme el programa de mantenimiento progresa, notamos que todos los tipos previos de mantenimiento mencionados, tienen su lugar en la organización. El costo del equipo, las pérdidas de producción y de horas-hombre y tiempos de reparación serán comparados con el costo del mantenimiento Proactivo, para ver que equipos necesitan mantenimiento y qué equipos no.

Cualquier programa de mantenimiento Proactivo diseñado y ejecutado adecuadamente pagará por sí solo. La implantación y ejecución aumentarán los costos totales de mantenimiento al inicio, pero después de un periodo de tiempo los costos totales disminuirán por debajo del nivel original (Ver figura 4.4).

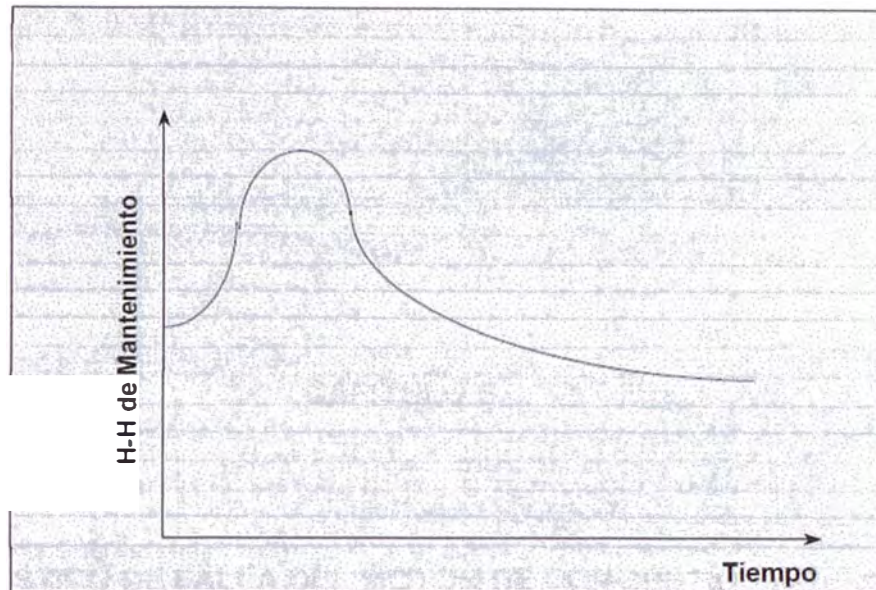


Figura 4.4 Costo inicial disminuido por un adecuado MP

El mantenimiento es una parte vital del negocio para la mayoría de industrias de manufactura y de proceso. Representa el mayor costo controlable para la mayoría de las industrias en un negocio muy competitivo y su mejora podría ser la clave a su supervivencia. Sin tener en cuenta su visión de mantenimiento para el futuro, no debe olvidarse que el mantenimiento es una función muy compleja que involucra un número increíble de variables. Las soluciones técnicas, orgánicas o directivas simples no existen. Sin embargo, este contexto se verá como un modelo que puede ayudar pasar de un enfoque reactivo costoso, a un enfoque Proactivo, de inversión al mantenimiento.

CAPITULO 5

DIAGNOSTICO DE FALLA DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

5.1 Síntoma de la Falla

El operador reportó una falla en el grupo electrógeno Cat Mak el día 23 de noviembre del 2010, de acuerdo a las siguientes premisas:

- El grupo estuvo operando en forma normal durante todo el turno de operación, a esta fecha el acumulado de operación es 62,239 Hrs.
- A las 08:24 pm ocurrió una parada intempestiva del grupo, al actuar la protección por oscilación en la frecuencia de generación, debido a una alteración en el despacho de carga de la central térmica.
- A las 08:27 pm se intentó dar arranque, logrando un giro lento de la volante sin que el grupo pueda iniciar su funcionamiento.
- A las 08:28 pm se aprecia humo/gases que salían a través del respiradero del carter del motor, parte superior del block y culatas, se informó al supervisor de operaciones.
- A las 08:38 pm personal mecánico de turno retiro las tapas de registro del carter del motor con lo cual se pudo apreciar que una gran cantidad de humo/gases.

- A las 08:45 pm personal mecánico de turno observó que los metales de biela, de los puños 2 y 3 del cigüeñal estaban con signos de recalentamiento y adheridos al cigüeñal.

Esta información se obtuvo de la bitácora de operaciones.

5.2 Antecedentes

A continuación describimos los antecedentes, hechos antes de la falla.

5.2.1 Historial del Aceite

De la información recogida por el supervisor de operaciones de la central térmica se obtuvo lo siguiente:

- El tipo de aceite utilizado es Mobil Gard 430 (SAE 40).
- No se tiene registro del último análisis de aceite.
- Se realizó el cambio de aceite de lubricación a las 60,124 Hrs. (cada 5,000 Hrs. de acuerdo a especificación).

Esta información también se corroboró con la bitácora de operaciones.

5.2.2 Registro de Datos de Operación

De la información recogida por el supervisor de operaciones de la central térmica se obtuvo lo siguiente:

- Condiciones operativas antes de la falla: valores de temperaturas y presiones dentro de lo normal.
- El operador reportó un ruido proveniente desde la bomba de pre-lubricación de aceite, la bomba se detuvo después de cierto momento,

actuó la protección de la válvula de seguridad por alta presión en la descarga.

- Parámetros de generación antes de la falla: valores de frecuencia, potencia, voltaje dentro de lo normal.
- Se tenía la observación que cada cierto tiempo oscilaba la presión de aceite del sistema de lubricación (bajaba 1-2 bar en forma rápida y luego se restablecía) corriendo el riesgo de que la protección por baja presión de aceite actué y el grupo deje de funcionar en cualquier momento.
- El operador, durante el turno, indicó que cerró una válvula mariposa del sistema de pre-lubricación, con lo cual la presión del sistema de lubricación volvió a mantenerse en sus valores nominales (5 bar).

Esta información también se corroboró con la bitácora de operaciones.

5.2.3 Mantenimientos y/o Reparaciones Anteriores

De la información recogida por los supervisores de mantenimiento de la central térmica se obtuvo lo siguiente:

- Se realizaban los mantenimientos de rutina del grupo electrógeno, de acuerdo a lo especificado por el fabricante, en base a las inspecciones y reportes de los operadores.
- Se tenía la observación que una válvula check, correspondiente al circuito de pre-lubricación estaba fallando por lo cual el sistema de lubricación perdía presión en forma repentina cada cierto tiempo.

Esta información también se corroboró con la bitácora e informes del área de mantenimiento.

5.2.4 Inspección de Componentes

Se realizó la inspección a los puños del cigüeñal averiado. Ver formato. Anexo 5-1 (*Crankshaft Measurements*).

5.3 Análisis de la Falla

De acuerdo a la información que se pudo recabar del personal de operaciones y mantenimiento, realizamos el siguiente análisis:

- Como se aprecia en la figura 5.1 (línea amarilla) el suministro de aceite lubricante, al inicio y al final de la operación del grupo electrógeno, es realizado por la bomba de pre-lubricación (LP2) la misma que mantiene la presión en todo el sistema: pasando por el filtro LF2, por el intercambiador de calor LH1, por otro filtro LF1 para luego llegar al motor y finalmente descargar en el carter; ya que la bomba principal de aceite LP1 al estar acoplada al cigüeñal del motor mediante engranajes, solo logra mantener la presión en el sistema mientras el cigüeñal del motor este girando a sus revoluciones nominales.
- Cuando el cigüeñal del motor llega a sus revoluciones nominales y logra mantener la presión del sistema automáticamente la bomba de pre-lubricación (LP2) se apaga para dar paso al trabajo de la bomba principal, la cual continua el suministro de aceite como se aprecia en la figura 5.1 (línea roja); del mismo modo cuando el cigüeñal del motor disminuye sus revoluciones, durante la parada del grupo, la presión del sistema de lubricación empieza a descender y es cuando automáticamente se enciende la bomba de pre-lubricación (LP2) para contrarrestar esta falta de suministro por parte de la bomba principal (LP1).

- Al estar fallando una válvula check ubicada inmediatamente después de la bomba de pre-lubricación y antes de la intersección de las líneas de suministro de aceite, se entiende que parte de la presión se perdía a través de esta válvula (de acuerdo al reporte del personal de operaciones).
- El operador cerró una válvula mariposa, ubicada en la línea de suministro de aceite de la bomba de pre-lubricación (LP2) después de la válvula check y antes de la intersección de las líneas de suministro de aceite, durante la operación del grupo electrógeno; con la finalidad de no tener oscilación en la presión del sistema, debido a la falla en la válvula check.
- Al momento de la parada intempestiva del grupo electrógeno, las revoluciones del cigüeñal fueron disminuyendo al igual que la presión del sistema de lubricación, la bomba de pre-lubricación se encendió automáticamente, para contrarrestar esta disminución en la presión, pero al estar cerrada la válvula mariposa se generó una sobre presión en la descarga la cual hizo que la bomba se detuviera al actuar la protección.
- La bomba de pre-lubricación no suministró aceite al sistema durante la parada del grupo electrógeno por consiguiente no se mantuvo la presión en el sistema.

Basic schema of the lubricating oil system

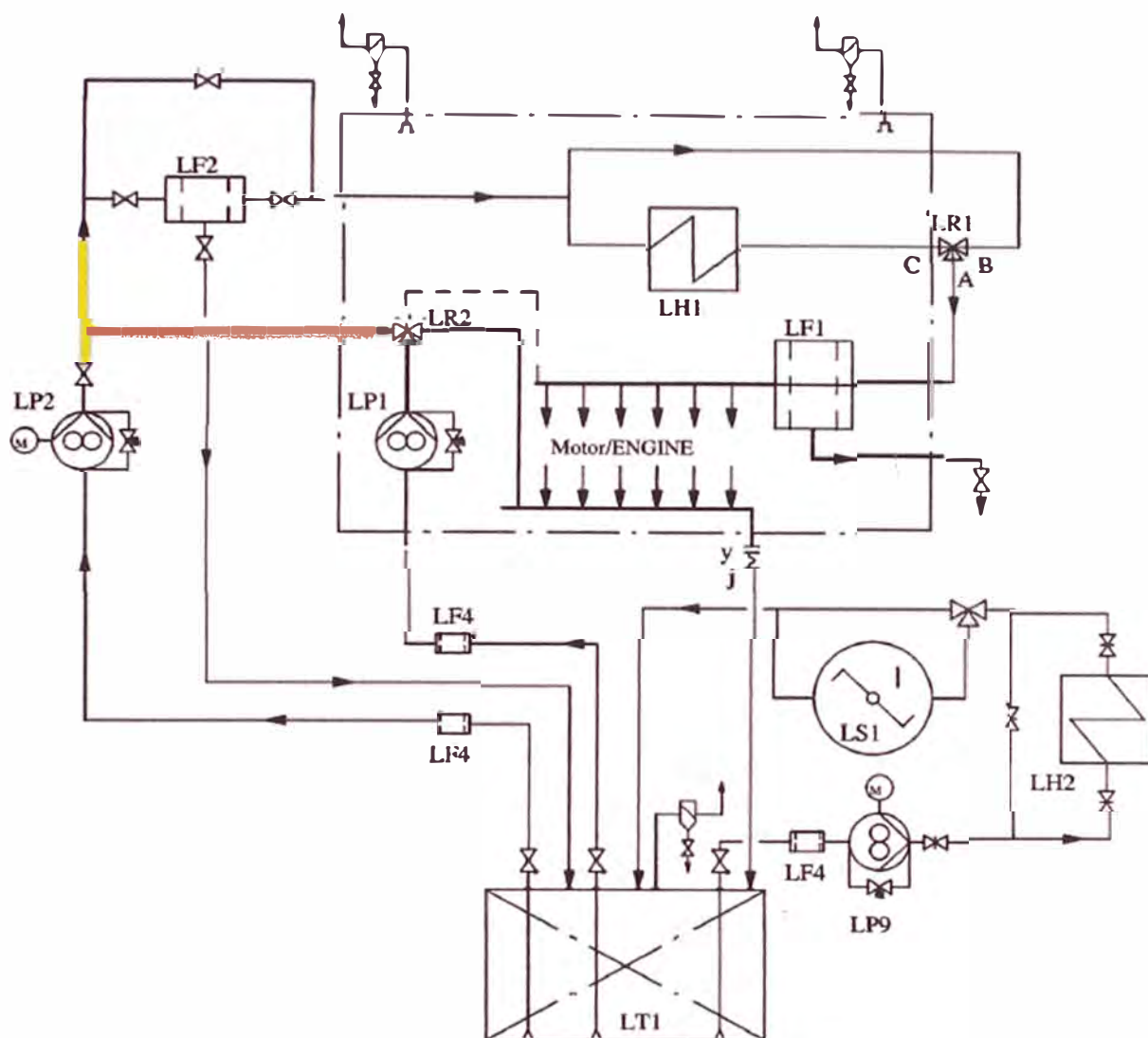


Figura 5.1 Esquema del sistema de lubricación

5.4 Resultado del Análisis – Causa Raíz

Del análisis realizado la falla es atribuible a una deficiencia en el sistema de lubricación, lo cual conllevó a un desgaste adhesivo en los cojinetes de biela y en los correspondientes muñones del cigüeñal N° 2 y 3.

CAPITULO 6

REPARACIÓN GENERAL Y MANTENIMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

6.1 Labores en el Motor (Reparación General y Mantenimiento)

6.1.1 Labores en el Cigüeñal

Las siguientes labores se realizaron para el cambio del cigüeñal:

- Acondicionamiento del área de trabajo.
- Desmontaje de pasarelas de inspección.
- Retiro de tapas de registro del carter.
- Desmontaje de culatas.
- Desmontaje de pernos de culata.
- Desmontaje de bombas de inyección.
- Desmontaje de tuberías de suministro de combustible (Alta y baja presión).
- Desmontaje de pistones.
- Desmontaje de camisas.
- Desmontaje de cámaras de agua de refrigeración.

- Desmontaje de bielas/metales de bielas.
- Desmontaje de actuador *Woodward*.
- Desconexión eléctrica del motor (Se realizó las desconexiones de los cables y componentes eléctricos instalados en el motor: desconexión de cables del panel local, rieles de termocuplas de gases de escape, sensores y protecciones).
- Desacoplamiento de motor-generador (Acoplamiento "vulkan").
- Desmontaje del motor de giro de la volante/cigüeñal.
- Desmontaje de volante.
- Desmontaje de carter con respecto al block de motor.
- Desmontaje de bomba principal de aceite y tuberías de lubricación internas.
- Retiro de pernos de anclaje de motor.
- Desconexión de tuberías y accesorios (Desacople de tuberías de agua de refrigeración, aceite de lubricación, aire de arranque).
- Se realizó el desmontaje de los ductos de gases de escape.
- Registro de mediciones niveles y posición del block antes de izarlo.
- Acondicionamiento de equipos de izaje de block.
- Izaje de block de 50 Tn. (1.50 m. respecto al nivel del piso).
- Se realizó, con tacos de madera, el "embanque" del block, como medida de seguridad.
- Desmontaje de tapas de bancada.
- Instalación de soporte de cigüeñal.
- Maniobras de izaje de block de 50 Tn.
- Desmontaje de cigüeñal fuera de servicio.

- Desmontaje de *hub* de cigüeñal (Se utilizó una bomba hidráulica de 2400 bar).
- Desmontaje de *damper* de cigüeñal.
- Acondicionamiento de cigüeñal nuevo (inspección y limpieza).
- Instalación de *hub* en cigüeñal nuevo.
- Instalación de *damper* en cigüeñal nuevo.
- Montaje de cigüeñal nuevo en block de motor.
- Instalación de elementos *PADs* de motor (Vibracon).
- Maniobras de izaje de block de 50 Tn.
- Instalación de cojinetes de bancada.
- Instalación de tapas de bancada, previa medición del GAP (Luz entre block y tapa de bancada, antes del ajuste). Ver Anexo 6.1
- Instalación de cojinete axial.
- Conexión de tuberías, accesorios y pasarelas de inspección.
- Instalación de pernos de anclaje de motor.
- Montaje de carter.
- Instalación de volante.

Ver registro fotográfico. Ver Anexo 6.2

6.1.2 Labores en el Block

Las siguientes labores se realizaron en el block:

- Acondicionamiento del área de trabajo
- Limpieza e Inspección de áreas de contacto entre las camisas y el block.
- Registro de mediciones. Ver Anexo 6.3

- Maquinado de áreas de contacto entre la camisa y el block (03 superficies por cada una de las 16 áreas de contacto).
 - ♦ Acondicionamiento del block para evitar la contaminación con residuos del proceso de maquinado.
 - ♦ Instalación de herramienta para el maquinado de las superficies (1ra área y sucesivamente hasta la 16ava área).
 - ♦ Proceso de maquinado en cada una de las 16 áreas indicadas (internas y carpeta del block).
 - ♦ Limpieza del block.
- Instalación y fijación de *insert rings* en las superficies maquinadas (internas al block), uso de nitrógeno líquido.
- Instalación de *joint rings* en las superficies maquinadas (carpeta del block).

Ver registro fotográfico. Ver Anexo 6.4

6.1.3 Labores en cámaras de distribución de agua de refrigeración.

Las siguientes labores se realizaron en las cámaras de distribución de agua de refrigeración:

- Limpieza, inspección y pintado de 16 und. de cámaras de distribución de agua de refrigeración.
- Instalación de o-rings.
- Instalación en block de 16 und. de cámaras de distribución de agua de refrigeración.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.5

6.1.4 Labores en las camisas

Las siguientes labores se realizaron en las camisas:

- Limpieza e inspección de 16 und. de camisas nuevas.
- Registro de mediciones (Ver Anexo 6.6).
- Instalación de camisas en block.
- Instalación de antipolishing ring.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.7.

6.1.5 Labores en las bielas

Las siguientes labores se realizaron en los pistones:

- Limpieza e inspección de bielas nuevas.
- Instalación de cojinetes de biela.
- Instalación de bielas en block.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.8.

6.1.6 Labores en los pistones

Las siguientes labores se realizaron en los pistones:

- Inspección y limpieza de pistones nuevos.
- Registro de mediciones. Ver Anexo 6.9.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.10.

6.1.7 Labores en las culatas

Las siguientes labores se realizaron en las culatas:

- Limpieza de culatas.
- Desarmado de culatas.
- Inspección/Evaluación de culatas.
 - ♦ Se observó que 02 culatas presentaban desgaste en las superficies de contorno de los alojamientos de los asientos de válvulas de escape.
 - ♦ Se observó que 06 culatas presentaban desgaste en las superficies de contorno de los alojamientos de los asientos de válvulas de admisión.
 - ♦ Registro de mediciones. Ver Anexo 6.11.
- Maquinado de alojamientos de válvulas de admisión, en nuestros talleres especializados en Ferreyros-Lima. Anexo 6.12.
- Armado de culatas:
 - ♦ Instalación de 32 und. guías de válvulas de admisión, uso de nitrógeno líquido.
 - ♦ Instalación de 32 und. guías de válvulas de escape, uso de nitrógeno líquido.
 - ♦ Instalación de 64 und. resortes de válvulas.
 - ♦ Instalación de 32 und. válvulas de admisión.
 - ♦ Instalación de 32 und. válvulas de escape.
 - ♦ Instalación de 32 und. asientos de válvulas de admisión, uso de nitrógeno líquido.
 - ♦ Instalación de 32 und. asientos de válvulas de escape, uso de nitrógeno líquido.
 - ♦ Rectificación de asientos de válvulas de admisión/escape, uso de máquina de rectificado portátil.

- ◆ Instalación de 64 und. de *rotocap* de válvulas.
 - ◆ Instalación de válvulas de arranque, cambio de 08 válvulas *spindle*.
 - ◆ Instalación de 16 porta inyectores *sleeve*
 - ◆ Cambio de bocinas en 32 und. balancines de admisión y escape.
 - ◆ Instalación de kit de *o-rings* y *gaskets*.
 - ◆ Instalación de 16 und. de inyectores de combustible.
 - ◆ Ver Anexo 6.13.
- Se realizó las pruebas hidrostáticas en todas las culatas, con el fin de prevenir cualquier fuga de agua, uso de herramienta especial. Ver Anexo 6.14.
 - Instalación de culatas en block.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.15.

6.1.8 Labores en el eje de levas

Las siguientes labores se realizaron en el eje de levas:

- Desmontaje de tramos de eje de levas.
- Desmontaje de muñones de sincronización de tramos de eje de levas.
- Desmontaje de cojinetes de eje de levas.
- Instalación de cojinetes nuevos de eje de levas.
- Instalación de muñones de sincronización de eje de levas.
- Verificación de sincronismo de tramos de eje de levas. Ver anexo 6.16.
- Instalación de tramos de eje de levas.
- Instalación de push rod o lifters de válvulas de admisión/escapa y bombas de inyección.

- Cambio de damper de vibraciones de eje de levas.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.17.

6.1.9 Labores en las bombas de inyección de combustible

Las siguientes labores se realizaron en las bombas de inyección de combustible:

- Limpieza e inspección de bombas nuevas de inyección de combustible.
- Instalación de bombas de combustible nuevas, en block.
- Verificación del timing de las bombas de inyección. Ver anexo 6.18.
- Instalación de tuberías de suministro de combustible (baja presión) entre bombas de inyección.
- Instalación de tuberías de suministro de combustible (alta presión) desde la bomba hacia el inyector.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.19.

6.1.10 Labores en el gobernador de combustible

Las siguientes labores se realizaron en el gobernador de combustible:

- Limpieza e inspección del gobernador de combustible nuevo.
- Instalación de gobernador nuevo en block.
- Relleno con aceite hidráulico.
- Instalación de eje de control y cremalleras de accionamiento de bombas de inyección de combustible.
- Calibración de cremalleras de accionamiento. Ver anexo 6.20.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.21.

6.1.11 Labores en los turbocompresores

Las siguientes labores se realizaron en los turbocompresores:

- Desmontaje de rotores (Cartridge) de los turbocompresores.
- Desmontaje de anillos toberas (Nozzle ring) de los turbocompresores.
- Desarmado e inspección de los rotores (Cartridge).
- Armado de los rotores (Cartridge) de los turbocompresores:
 - ♦ Instalación de rotor-turbina.
 - ♦ Instalación de rueda compresora.
 - ♦ Instalación de pared intermedia.
 - ♦ Instalación de pared insertada.
 - ♦ Instalación de *cover* turbina.
 - ♦ Instalación de *spare part set 1*.
 - ♦ Instalación de *spare part set 2*.
 - ♦ Instalación de *spare part set 5*.
 - ♦ Instalación de *spare part set 6*.
 - ♦ Instalación de *turbina diffuser*.
 - ♦ Instalación de *nozzle ring*.
 - ♦ Ver anexo 6.22.
- Instalación rotores (Cartridge) de turbocompresores.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.23.

6.1.12 Labores en el aftercooler/enfriador de aire

Las siguientes labores se realizaron en el aftercooler/enfriador de aire:

- Desmontaje de aftercooler.

- Limpieza e inspección de aftercooler.
- Prueba hidrostática de aftercooler. Ver anexo 6.24
- Instalación de aftercooler.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.25.

6.1.13 Labores en la bomba principal de aceite

Las siguientes labores se realizaron la bomba principal de aceite:

- Desmontaje de la bomba principal de aceite.
- Desarmado de la bomba principal de aceite.
- Limpieza e inspección de la bomba principal de aceite.
- Armado de bomba principal de aceite:
 - ♦ Cambio de engranajes.
 - ♦ Cambio de cojinetes.
- Instalación de la bomba principal de aceite.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.26.

6.1.14 Labores misceláneas

Se realizaron las siguientes labores, se entiende labores misceláneas aquellas labores complementarias que se realizaron para culminar con el mantenimiento.

- Limpieza de carter de motor
- Conexión de tuberías y accesorios
- Instalación de tapas de registro de carter.
- Instalación de tapas de inspección de eje de levas.

- Instalación de tapas de balancines.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.27.

6.2 Labores en los Sistemas Auxiliares del Grupo Electrónico

6.2.1 Labores en el sistema de combustible

Las siguientes labores se realizaron en el sistema de combustible:

- Mantenimiento preventivo del módulo de transferencia de combustible.
 - ♦ Mantenimiento preventivo de electrobombas de transferencia de combustible.
 - ♦ Limpieza e inspección de filtros de combustible.
- Mantenimiento preventivo del módulo de pre-presión de combustible.
 - ♦ Mantenimiento preventivo de electrobombas de pre-presión de combustible.
 - ♦ Limpieza e inspección de filtro automático de combustible.
 - ♦ Limpieza e inspección de filtro dúplex de combustible.
- Mantenimiento preventivo del módulo de circulación de combustible.
 - ♦ Mantenimiento preventivo de electrobombas de circulación de combustible.
 - ♦ Limpieza e inspección de filtro dúplex de combustible.
- Mantenimiento preventivo del módulo centrifugación/separación de combustible.
- Limpieza, inspección y cambio de empaquetaduras del pre-calentador de combustible.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.28.

6.2.2 Labores en el Sistema de Lubricación

Las siguientes labores se realizaron en el sistema de lubricación:

- Mantenimiento preventivo de electrobomba de pre-lubricación.
- Limpieza, inspección y cambio de empaquetaduras del enfriador de aceite.
- Limpieza e inspección del filtro automático de aceite.
- Limpieza e inspección del filtro dúplex de aceite.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.29.

6.2.3 Labores en el Sistema de Refrigeración

Las siguientes labores se realizaron en el sistema de refrigeración:

- Mantenimiento preventivo de electrobombas del sistema HT de refrigeración.
- Mantenimiento preventivo de electrobombas del sistema LT de refrigeración.
- Limpieza e inspección de radiadores.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.30.

6.2.4 Labores en el sistema de aire de admisión y gases de escape.

Las siguientes labores se realizaron en el sistema de aire de admisión y gases de escape:

- Limpieza, inspección y cambio de viscosina del filtro húmedo de aire de admisión.
- Inspección de silenciadores de aire de admisión.

- Inspección de silenciadores de gases de escape.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.31

6.2.5 Labores en el sistema de aire de arranque e instrumentación.

Las siguientes labores se realizaron en el sistema de aire de arranque e instrumentación:

- Mantenimiento preventivo de compresores.
- Limpieza e inspección de filtros.
- Calibración del distribuidor de aire de arranque.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.32

6.2.6 Labores en el sistema de vapor.

Las siguientes labores se realizaron en el sistema de vapor:

- Mantenimiento preventivo de electrobombas de circulación de agua de caldera.
- Limpieza e inspección de serpentines de caldera.

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.33

6.3 Labores de Alineamiento, Pruebas y Puesta en Servicio del Grupo Electrónico

6.3.1 Labores de alineamiento del motor-generador.

Las siguientes labores se realizaron para alinear el motor con el generador:

- Verificación del alineamiento del motor-generador mediante reloj comparador.

- Proceso de alineamiento, maniobras con el generador y verificación. Ver anexo 6.34.
- Instalación de acoplamiento “vulkan” entre motor-generador.
- Medición de la deflexión del cigüeñal (Cold deflection). Ver anexo 6.35

Ver registro fotográfico. Ver anexo 6.36.

6.3.2 Labores de comisionamiento.

Las siguientes labores se realizaron para el comisionamiento del grupo electrógeno:

- Pruebas de protecciones eléctricas del grupo electrógeno “parado”.

Pruebas en “Vacío”:

- Pruebas en “vacío” durante 1 minuto:
 - ◆ Arranque y funcionamiento del grupo electrógeno durante 1 minuto a una velocidad de 450 RPM (“Arranque suave”).
 - ◆ Parada del grupo electrógeno mediante la parada de emergencia local (prueba operacional).
 - ◆ Registro de temperaturas de cojinetes de biela y bancada. Ver anexo 6.37.
- Pruebas en “vacío” durante 5 minutos:
 - ◆ Arranque y funcionamiento del grupo electrógeno durante 5 minutos a una velocidad de 720 RPM (“Arranque normal”).
 - ◆ Parada del grupo electrógeno mediante la parada de *Oil Mist Detector* (prueba operacional).

- ♦ Registro de temperaturas de cojinetes de biela y bancada. Ver anexo 6.37.
- Pruebas en “vacío” durante 10 minutos:
 - ♦ Arranque y funcionamiento del grupo electrógeno durante 10 minutos a una velocidad de 720 RPM (“Arranque normal”).
 - ♦ Parada del grupo electrógeno mediante la parada de *Over Speed* (prueba operacional).
 - ♦ Registro de temperaturas de cojinetes de biela y bancada. Ver anexo 6.37.
- Pruebas en “vacío” durante 30 minutos:
 - ♦ Arranque y funcionamiento del grupo electrógeno durante 30 minutos a una velocidad de 720 RPM (“Arranque normal”).
 - ♦ Parada del grupo electrógeno mediante la parada de emergencia remoto (prueba operacional).
 - ♦ Registro de temperaturas de cojinetes de biela y bancada. Ver anexo 6.37.

Pruebas con “Carga”:

- Pruebas con carga durante el funcionamiento del grupo electrógeno a diferentes porcentajes, tal como se indica:
 - ♦ Arranque y funcionamiento del grupo electrógeno durante 01 hora a velocidad nominal, con un porcentaje de carga del 20%. Registro de parámetros operativos. Ver anexo 6.38.
 - ♦ Funcionamiento del grupo electrógeno durante 01 hora a velocidad nominal, con un porcentaje de carga del 30%. Registro de parámetros operativos. Ver anexo 6.38.

- ◆ Funcionamiento del grupo electrógeno durante 01 hora a velocidad nominal, con un porcentaje de carga del 40%. Registro de parámetros operativos. Ver anexo 6.38.
- ◆ Funcionamiento del grupo electrógeno durante 01 hora a velocidad nominal, con un porcentaje de carga del 50%. Registro de parámetros operativos. Ver anexo 6.38.
- ◆ Funcionamiento del grupo electrógeno durante 01 hora a velocidad nominal, con un porcentaje de carga del 60%. Registro de parámetros operativos. Ver anexo 6.38.
- ◆ Funcionamiento del grupo electrógeno durante 01 hora a velocidad nominal, con un porcentaje de carga del 70%. Registro de parámetros operativos. Ver anexo 6.38.
- ◆ Funcionamiento del grupo electrógeno durante 01 hora a velocidad nominal, con un porcentaje de carga del 80%. Registro de parámetros operativos. Ver anexo 6.38.
- ◆ Funcionamiento del grupo electrógeno durante 01 hora a velocidad nominal, con un porcentaje de carga del 90%. Registro de parámetros operativos. Ver anexo 6.38.
- ◆ Funcionamiento del grupo electrógeno durante 02 horas a velocidad nominal, con un porcentaje de carga del 100%. Registro de parámetros operativos. Ver anexo 6.38.
- Registro de mediciones de presiones pico (peak pressure) de combustión al 100% de régimen de carga. Ver anexo 6.39.
- Registro de mediciones de la deflexión del cigueñak (Hot deflection). Ver anexo 6.40.

CAPITULO 7

EVALUACIÓN ECONOMICA

7.1 Servicio Cambio de Cigüeñal (Reparación General)

A continuación se muestra el detalle económico del servicio realizado para el cambio del cigüeñal, ver cuadro resumen en la tabla 7.1.

7.1.1 Labor

El cumplimiento de las labores se llevó a cabo con personal técnico calificado Orvisa S.A. (05 personal), Supervisor Orvisa S.A. (01 personal), Supervisores Caterpillar (02 personal), personal y equipamiento especializado en maniobras de equipos de servicio pesado (06 personal).

7.1.2 Repuestos

Cigüeñal (Crankshaft) cuyo número de parte es: 9.2520-101.

7.1.3 Misceláneos

Gastos involucrados en pasajes, estadías y alimentación del personal involucrado en el servicio de cambio de cigüeñal.

DESCRIPCION	Cantidad	P. Unit. EUR	Total EUR
Labor	Gbl.	536,988.80	536,988.80
Repuestos	Gbl.	1,211,408.47	1,211,408.47
Mislaneos (pasaje aéreo, hospedaje, alimentación)	Gbl.	32,548.00	32,548.00
T O T A L		EUR	1,780,945.27

Tabla 7.1 Costos del servicio de cambio de cigüeñal

Son un millón setecientos ochenta mil novecientos cuarenta y cinco con 27/100 euros.

7.1.4 Cuadro Desagregado

En el anexo 7.1 se muestra el detalle de los costos desagregados de horas hombre (H/H) del personal técnico, supervisores, maniobristas y equipos personal involucrado en el servicio de cambio de cigüeñal.

7.2 Servicio de Mantenimiento De 60,000 Hrs - Overhaul

A continuación se detalla el cuadro económico resumen del servicio de mantenimiento de 60,000 Hrs. – Overhaul, ver cuadro resumen en la tabla 7.2. Principalmente el costo de los repuestos.

7.2.1 Labor

El cumplimiento de las labores se llevó a cabo con personal técnico calificado de Electro oriente S.A. (12 personal), Supervisor Orvisa S.A. (01 personal), Supervisores Caterpillar (02 personal).

7.2.2 Repuestos

En el Anexo 7.2 se muestra el detalle del costo de los repuestos utilizados durante el servicio de mantenimiento overhaul, descritos por sistemas del motor.

7.2.3 Misceláneos

Gastos involucrados en pasajes, estadías y alimentación del personal involucrado en el servicio de mantenimiento overhaul.

DESCRIPCIÓN	Cantidad	P. Unit. S/.	Total S/.
Labor	Gbl.	-	-
Repuestos	Gbl.	5,051,457.46	5,051,457.46
Miscelaneos (pasaje aéreo, hospedaje, alimentación)	Gbl.	-	-
T O T A L		Nuevos Soles	5,051,457.46

Tabla 7.2 Costos del servicio de mantenimiento overhaul

Son cinco millones cincuenta y un mil cuatrocientos cincuenta y siete con 46/100 nuevos soles.

Cabe indicar que las labores y misceláneos para este servicio estaba contemplado como parte del suministro de repuestos, previo acuerdo mediante contrato se acordó que las labores de supervisión de personal de Orvisa S.A. y Caterpillar fueran sin costo.

7.3 Evaluación

En resumen el detalle económico total, mostrando el resumen de cada uno de los servicios realizados. Ver tabla 7.3:

DESCRIPCIÓN	Cantidad	P. Unit. S/.	Total S/.
Cambio de Cigüeñal (Reparación General)	Gbl.	6,856,639.29	6,856,639.29
Mantenimiento Overhaul (60,000 Hrs.)	Gbl.	5,051,457.46	5,051,457.46
T O T A L		Nuevos Soles	11,908,096.75

Tabla 7.3 Resumen total de costos

Son once millones novecientos ocho mil noventa y seis con 75/100 nuevos soles.

CONCLUSIONES

1. Quedó demostrado que el resultado del esfuerzo en conjunto de ELECTRO ORIENTE S.A. y ORVISA S.A. dio sus frutos ya que luego del arranque del grupo electrógeno, el mismo inicio a generar energía luego de más de 2 años de estar fuera de servicio, esto para satisfacción de ELECTRO ORIENTE S.A. y sus usuarios en la ciudad de Iquitos.
2. El profesionalismo de las labores realizadas en conjunto con personal de ELECTRO ORIENTE S.A., ORVISA S.A. y CATERPILLAR mostró un aporte técnico muy importante en las actividades de mantenimiento en la Central Térmica de Iquitos; ya que se compartieron las experiencias y conocimientos, los mismos que se dejaron como enseñanza en el personal ingeniero/técnico presente, esto creó un precedente para futuros mantenimientos de este clase.
3. Es muy importante cumplir con los programas de mantenimientos indicados por el fabricante, además de cumplir con las recomendaciones para la correcta operación del grupo electrógeno; así como corregir las observaciones y/o fallas de los equipos por más insignificantes que parezcan.
4. El presente informe de competencia profesional recoge la experiencia de trabajo en una industria poco comercial, dado que no hay muchos equipos de esta

capacidad en el Perú, por lo que es muy importante que esta información llegue a los futuros profesionales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

5. Es importante mencionar que el motor de combustión interna, uno de los medios principales de la energética, se utiliza en las más diversas ramas de la economía nacional. No solo el campo de aplicación, sino también el destino concreto de un motor plantean determinados requisitos específicos referentes a su estructura, regímenes de funcionamiento, procedimientos de regulación, etc.
6. Es importante mencionar el nivel de capacitación que deben tener, y mantener actualizado, el personal operador del grupo electrógeno así como el personal de mantenimiento, supervisores e ingenieros de la central térmica, dada la envergadura de este equipo; con el fin de estar en la capacidad de operar, dar mantenimiento y entender, en su totalidad, el funcionamiento del grupo electrógeno, de sus diferentes sistemas auxiliares y de sus equipos de control.
7. Electro Oriente S.A. debería considerar en capacitar a su personal en la fábrica Cat Mak (Alemania), con la finalidad de tener al menos algún ingeniero o técnico certificado por el fabricante y que permanezca laborando en dicha empresa con la finalidad de dar soporte técnico especializado ante cualquier situación operativa o de mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA

- Manual de Operación y Mantenimiento Motor Cat Mak 16CM32
- Manual de Operación y Mantenimiento Turbocompresores ABB
- Engineers Handbook Mak
- MaK Component Technical Information
- CM Power Plant Project Guide
- Manual de Operación y Mantenimiento Generador AVK
- Operation Manual CMX 1 Human Machine Interface at LCP
- Portal Web Caterpillar: www.engines.cat.com
- Manual de Motores Diesel para Tractores – B.A. Vsórov
- Motores de Automóvil – M.S. Jovaj
- Curso Resumen: Grupos Electrógenos – TECSUP
- Curso Resumen: Motores Diesel - TECSUP
- Portal Web Organización Ferreyros: www.ferreyros.com.pe
- Portal Web Electro Oriente S.A.: www.elor.com.pe
- Curso Resumen: Planificación y Programación del Mantenimiento - TECSUP

APENDICE

- *Biela Split*: tipo de construcción de biela, específicamente se indica que la biela es de dos piezas.
- *Pistón Build Up*: tipo de construcción, de diseño Caterpillar-MaK, que indica que se tiene un diseño especial en la corona del pistón.
- *Rotador*: hace referencia al rotocoil o rotocap de la culata.
- *Nozzle o tobera*: componente del inyector por el cual el combustible es atomizado e ingresa a la cámara de combustión.
- *Hub*: o sello mecánico del cigüeñal, que contiene el engranaje principal del cigüeñal para el sincronismo del motor.
- *Nozzle ring*: anillo tobera que direcciona los gases de escape hacia la rueda turbina del turbocompresor.
- *Overhaul*: reparación general o reconstrucción de un equipo
- *Acoplamiento Vulkan*: acoplamiento flexible entre motor-generador del grupo electrógeno Cat Mak.
- *PADs*: resistentes o amortiguadores del grupo electrógeno Cat Mak, instalados en las bases.
- *Spindle Valve*: componentes que las válvulas de arranque del motor Cat Mak.
- *Deflexión del cigüeñal*: variación de la línea de giro del cigüeñal, registradas en las posiciones de las bancadas.

ANEXOS

ANEXO 2.1

- Especificaciones técnicas del motor del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencia páginas: 1-61 y 1-62.
- Registro de pruebas en fábrica del motor del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencia páginas: Sheet 1, 2 y 3.
- Graficas del consumo específico del combustible del motor del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencia página: 1-64



1.4.2.2 CM 32 Vee Engines

Engine Type		12CM32		16CM32	
engine output	kW	5760		7680	
output per cylinder	kW	480		480	
rated rpm	1/min	720	750	720	750
mean piston speed	m/s	10,1	10,5	10,1	10,5
engine for 50 HZ operation		No	Yes	No	Yes
engine for 60 HZ operation		Yes	No	Yes	No
cylinder bore	mm	320			
stroke	mm	420			
volume per cylinder	l	33,8			
mean effective pressure	bar	23,7	22,4	23,7	22,4
engine compression pressure	bar	150			
engine compression ratio		14,1			
engine firing pressure	bar	190			
engine injection pressure	bar	1600			
preheated genset min start up time to full load	s	60			
preheated genset max start up time to full load	s	100			
engine radiation heat	kW	250		333	
Starting Air					
air volume per start	Nm ³	1,2			
starting air pressure max	bar	30			
starting air pressure min	bar	10			
Combustion Air					
max air pressure drop in charge air system	mbar	20			
nominal air pressure drop in charge air system	mbar	16			
max pressure drop about charge air cooler	mbar	32			
combustion air demand	Nm ³ /h	36100		47200	
charge air pressure	bar	2,7		3	
turbocharger type		TPL65		TPL65	
rated turbocharger speed	rpm	28000		28000	
Exhaust Gas					
exhaust gas temp. after cylinder at full load	°C	380		430	
exhaust gas temp. before turbocharger under full load	°C	430		480	
exhaust gas temperature after turbocharger	°C	310		310	
nominal diameter turbocharger exhaust outlet	mm	400			
max exhaust gas back pressure after turbocharger	mbar	30			
number of turbochargers		2			
nominal diameter exhaust gas silencer	mm	900		1000	
Cooling Water					
jacket water flow rate	m ³ /h	100		150	
min delivery head	bar	3,5			
attached HT pump capacity	m ³ /h	no attached pump			
attached HT pump delivery head	bar	no attached pump			
attached LT pump capacity	m ³ /h	no attached pump			
attached LT pump delivery head	bar	no attached pump			
max cooling water pressure	bar	6			
min engine cooling water pressure before engine	bar	2,5			
engine cooling water pressure drop	bar	1			
charge air cooler HT pressure drop	mbar	0,58		0,58	
charge air cooler LT pressure drop	mbar	0,13		0,24	
min LT cooling water flow rate	m ³ /h	90			
engine cooling water specific heat	kW/kW	0,139			
min jacket cooling water temp. before engine	°C	70			
max engine cooling water outlet	°C	90			
min engine cooling water outlet	°C	80			
engine cooling water preheating	kW	45			
max engine cooling water outlet during preheating	°C	80			
min engine cooling water outlet during preheating	°C	60			

(1.4.T2)



Engine Type		12CM32	16CM32
water content of engine	m ³	1,4	1,9
nominal diameter of standard charge air TCV	mm	100	125
nominal diameter HT cooling water TCV	mm	100	125
nominal diameter of LT cooling water TCV	mm	100	125
volume HT compensation tank	m ³	0,7	1
volume LT compensation tank	m ³	0,7	1
Light Fuel			
min LFO flow rate	m ³ /h	2,3	3,2
attached LFO pump capacity	m ³ /h	no attached pump	
attached LFO pump delivery head	bar	no attached pump	
max LFO pressure before engine	bar	8	
min LFO pressure before engine	bar	5	
heat dissipation of fuel injection	kW	18	24
max LFO temperature at engine inlet	°C	65	
LFO duplex filter nominal diameter	mm	65	
LFO filter mesh size (material stainless steel)	mm	0,025	
Heavy Fuel			
fuel quality limit acc. CIMAC		K55	
max HFO viscosity	cSt/50°C	700	
min HFO flow rate	m ³ /h	2,4	3,2
max injection viscosity (mPa = 0,9 * cSt)	cSt	12	
min injection viscosity (mPa = 0,9 * cSt)	cSt	10	
max HFO pressure before engine	bar	8	
min HFO pressure before engine	bar	5	
dynamical design pressure for fuel system components	bar	20	
frequency of dynamical design pressure	Hz	75	
max HFO temperature before engine	°C	150	
HFO duplex filter nominal diameter	mm	65	
HFO filter mesh size (material stainless steel)	mm	0,034	
Lube Oil			
max lube oil flow rate	m ³ /h	117	144
min lube oil flow rate	m ³ /h	100	130
required prelube flow	m ³ /h	30	40
required prelube pressure	bar	5	
specific lube oil heat	kW/kW	0,146	
lube oil consumption (tolerance +/- 0,3 g/kWh)	g/kWh	0,6	
max lube oil pressure before engine	bar	5	
min lube oil pressure before engine	bar	4	
max lube oil temperature before engine	°C	65	
duplex filter nominal diameter (HFO operation)	mm	125	
filter mesh size (material stainless steel) (HFO operation)	mm	0,08	
automatic filter nominal diameter (LFO operation)	mm	150	
filter mesh size (material stainless steel) (LFO operation)	mm	0,034	
max pressure drop in lube oil cooler	bar	1,5	
nominal diameter of lube oil TCV	mm	150	
min volume of lube oil circulating tank at LFO operation	m ³	5	6,6
min volume of lube oil circulating tank at HFO operation	m ³	5	6,6

(1.4.T2)



Diesel Engine Acceptance Test Record

Sheet 1 of 3

Engine Type: 16 CM 32 C Order No.: 262128-001 Engine No.: 34156

Atmospheric conditions during test run:
Relative humidity: 55 % Altitude: 8 m

We used for the test run:
Heat value according to Fuel oil analysis: 42880 kJ/kg Density: 0,83 kg/l Test bed: Rostock 5
Luboil type: MG 412 Generator

Engine data: Four-stroke / direct injection / V-Engine / port engine / counter-clockwise / rotation (viewed from the drive end)
Rated power: 7518 kW Rated speed: 720 1/min Firing order: 1 3 5 7 8 6 4 2
Bore: 320 mm Stroke: 420 mm 3 5 7 8 6 4 2 1

Charger type: ABB TPL 65-A30 Number: HT 478959/478999 Specification: CT60CA17TT40
Max speed: 30120 1/min t max: 680°C

Fuel injection pump: LOrange PEO-G058A Plunger diameter: 28 mm Idle stroke 'X': 6 mm

Fuel injector: MaK E 2/1 Opening pressure: 450 bar

Generator:	Emissions data:
Type : DIG 171 m/8	Application :
Manufacturer : AVK Deutschland	Cycle :
	Test result of parent engine NOx: g/kWh

Inlet valve opens before T.D.C.(A/B): 55	Inlet valve closes after B.D.C.(A/B): 15	Exhaust valve opens before B.D.C.(A/B): 45	Exhaust valve closes after T.D.C.(A/B): 45
--	--	--	--

Flywheel diameter: 1439 mm 1° : 12,56 mm

Commencement of Injection pump Cylinder 1 (A/B): 12,9/13,6 ° crank angle before T.D.C

Settings:	Bank	Cylinder							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Distance from liner top edge to piston top edge in T.D.C. [mm]	A	20,1	20,5	20,4	20,2	20,4	20,5	20,4	20,3
	B	20,3	20,2	20,2	20,3	20,3	20,1	20,0	19,9
Thickness of distance plate [mm] between Injection pump and engine housing	A	3,2	3,0	3,0	3,0	2,8	3,0	3,1	3,1
	B	2,9	2,9	2,9	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9
Lever-drive for fuel Injection, thickness of distance plate for IMO adjustment [mm]	A	3,6	2,7	3,3	3,3	2,7	3,0	3,3	2,4
	B	2,4	3,6	3,3	3,3	3,6	3,6	2,4	3,0
Fuel Injection pump rack position when control handle on 'stop' [mm]	A	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	B	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Fuel injection pump rack position [mm] at rated power	A	41	41	41	40	41	40	41	41
	B	41	40	40	41	40	40	40	41
Pump No.: (A/B) 1/1 blocked at 44 mm at no load	A	10	10	10	10	10	10	10	10
	B	10	10	10	10	10	10	10	10

Governor speed setting n = 720 1/min	Air consumption for starting
Maximum speed no load n = 720 1/min	Bottle capacity : 2,5 m³
Minimum speed no load n = 450 1/min	Initial pressure : 10,4 bar
	Starting last time at : 9,7 bar
	Remaining pressure in bottle : 8,5 bar

No. 1 cylinder on flywheel end of engine
Bank A = left viewed from drive end Bank B = right viewed from drive end

	Acceptance	Mechanic	Engineer	Approved	Acceptance
	Date	06.08.2007	06.08.2007		Mr. Geist CPGS
	Sign.	Zobel	J.Schneider	Steinke <i>[Signature]</i>	Mr. Timm GL
Caterpillar Motoren Rostock GmbH Werftallee 13 • 18119 Rostock					





Diesel Engine Acceptance Test Record

Sheet 2 of 3
Order No.: 262128-001
Engine No.: 34156

Bank	Run time min.	Fuel			Output			Air			Mean eff.		Fuel consumption			Lubricating oil		Cooling water			Charge air cooler °C								Exhaust gas temperature °C								Turbocharger						
		mm	rpm	V	Pn kW	In A	In %	In Hz	press PD bar (a)	Temp TD °C	press pmo bar	Quant kg	Run time s	Consumption g/kWh	kg/h	Press: bar	Temp: °C	Press: bar	Temp: °C	In °C	Out °C	HT In	HT Out	LT In	LT Out	Air In	Air Out	Cylinder 1	2	3	4	5	6	7	8	af. Turb.	bef. Turb. 1	2	3	bef. cool. bar	af. cool. bar	Dif. press mbar	Coolw Temp. °C
A	60	17,5	720		1880	97	25	1,012	27	5,80			223,4	420,0	4,5	61	4,8	81	82	82	81	38	39	63	41	322	341	319	337	332	344	349	329	322	368				0,356	0,344	12		12296
B		17,5										ISO 222,6																															12067
A	60	26,5	720		3759	193	50	1,014	30	11,59			194,7	732,0	4,5	60	5,0	80	83	82	80	38	41	117	43	339	352	337	360	351	369	372	350	341	422				1,074	1,056	18		18649
B		26,5										ISO 193,7																															18458
A	60	33,5	720		5639	289	75	1,015	32	17,39			188,2	1050,0	4,5	60	4,9	75	79	76	75	39	43	168	46	344	362	346	371	363	381	383	364	314	438				1,969	1,943	26		23345
B		33,5										ISO 184,9																															23142
A	60	41,0	720		7518	385	100	1,015	34	23,18			184,6	1388,0	4,5	60	4,9	69	74	71	69	36	43	206	48	372	392	376	404	393	412	413	394	313	471				2,814	2,780	34		26618
B		41,0										ISO 183,4																															26406
A	60	41,0	720		7518	385	100	1,015	34	23,18			184,6	1388,0	4,5	60	5,0	69	74	71	69	38	43	208	47	373	392	377	405	395	412	413	392	313	471				2,736	2,702	34		26617
B		41,0										ISO 183,1																															26405
A	60	41,0	720		7518	385	100	1,014	35	23,18			184,6	1389,0	4,5	60	5,0	69	74	71	69	38	44	207	48	374	393	379	407	395	414	415	396	315	473				2,716	2,682	34		26616
B		41,0										ISO 163,1																															26404

Indicator Type	: LEHMANN & MICHELS : LEMAG PREMETS LS																		
Combustion pressure [bar]	A	204	201	203	201	199	203	200	199	197	B	204	203	201	205	198	203	204	201

Notes:

Caterpillar Confidential: green

20 is basic value for crankweb deflection 1/100 mm	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Example 18 (-)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Example 23 (+)</p> </div> </div>								
Cylinder	1	2	3	4	5	6	7	8	
B.D.C.	20	20	20	20	20	20	20	20	
A-slide	cold	16,5	20	20	20	19	19,5	19	20
	warm	17	20	20	20	20	20	19	20
T.D.C.	cold	18	19	19,5	19	18	19	18,5	19
	warm	18	20	20	20	19	19	19	20
B-slide	cold	21	18	19	19	18,5	18	20	20
	warm	20	19	19,5	20	19	19	19	20

Measured with overhung flywheel/cupied with Generator.

Follow MaK Instructions for Installation.

ISO) Calculated to ISO 3046 (a) absolut

Exhaust gas back pressure at full load 0,026 bar

Acceptance

08 CAT-07
27.154-R05
08 GL-07
1867

Mechanic: 408
Zobel / 06.08.2007

Engineer: J.Schnel der / 06.08.2007

Approved:

Stenke / Caterpillar Motoren Rostock GmbH
DISARE / Windows / Version 3.0 / 04.07.2007



Diesel Engine Acceptance Test Record

Sheet 3 of 3

Order No.: 262128-001

Engine No.: 34156

Bank	Run time	Fuel	Output					Air			Mean eff. pressure	Fuel consumption			Lubricating		Cooling water				Charge air cooler °C				Exhaust gas temperature °C								Turbocharger			Speed						
			Speed	Un	Pn	In	In	In	press PO	Temp TO		press pme	Quant	Run time	Consumption	Press	Temp	Press	Temp.	Temp.	HT	HT	LT	LT	Air	Cylinder								aft. Turb.	bef. Turb.		Diff. press	Coolw Temp.				
																										1	2	3	4	5	6	7	8						1	2	3	
A	60	41,0	720		7518	385	100		1,014	35,3	23,18			185,0	1391,0	4,5	60	5,0	69	74	71	69	38	44	208	48	376	395	380	407	398	414	415	396	316	474		2,773	2,739	34		26619
B													ISO 183,3												203		386	411	387	419	372	414	414	415	312	473					26408	
A	30	41,5	720		7660	394	102		1,013	35,7	23,66			185,7	1426,0	4,5	60	4,9	68	73	69	66	38	43	212	48	380	399	385	413	401	420	419	400	317	478		2,782	2,747	35		26850
B													ISO 183,9												207		399	416	391	422	374	416	419	418	313	476					26593	
A	60	44,0	720		8270	423	110		1,013	35,9	25,50			185,4	1533,0	4,5	61	5,0	65	71	67	65	38	44	222	49	391	409	398	427	413	433	431	412	322	491		3,027	2,990	37		27611
B													ISO 183,6												216		411	428	403	437	366	429	432	430	318	490					27280	
A																																										
B																																										
A																																										
B																																										

Explanation:

ISO) Calculated to ISO 3046

Acceptance

08 CAT 07

27154 ROS

06 GL 07



Mechanic

Zobel / 06.08.2007

408

Engineer

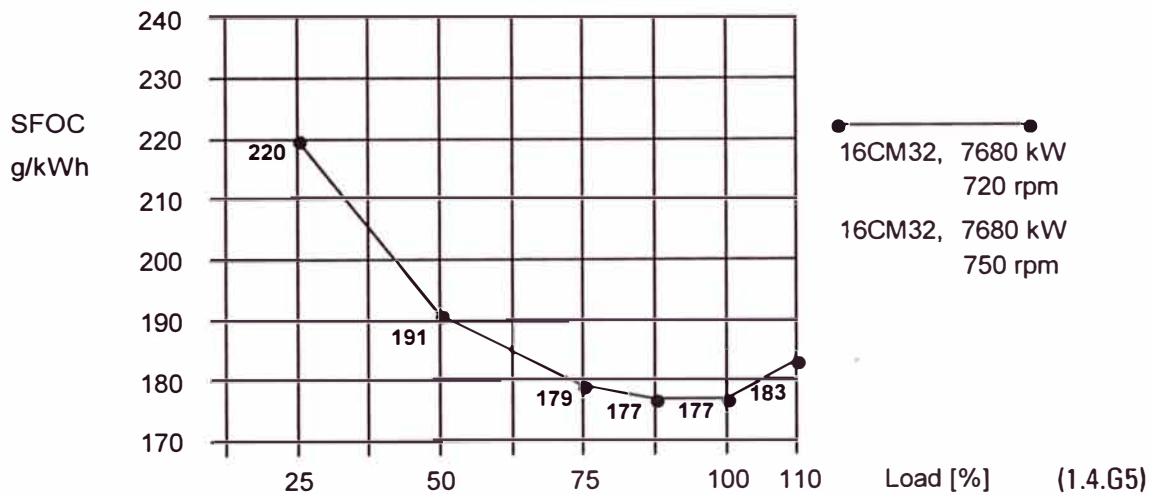
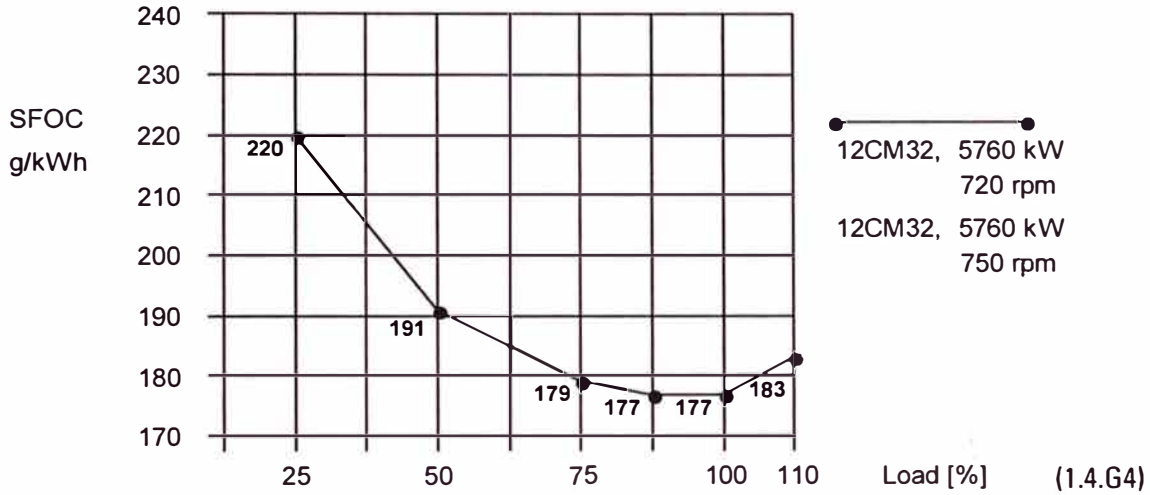
J.Schneider / 06.08.2007

J. Schneider

Approved

Caterpillar Motoren Rostock GmbH

Werftallee 13 • 18119 Rostock



All data acc. to ISO 3046/I without engine driven pumps, LCV=42.700 kJ/kg, Tolerance +5%.

ANEXO 2.2

- Especificaciones técnicas del combustible permisible para el motor del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencia páginas: A4.05.07.04, A4.05.07.05, A4.05.07.06.



M20/M25/M32/M43

**Admissible limit specification for the operation with heavy fuel in
Caterpillar/MaK engines**

Engine series

Limit specification	M 20	M25	M32	M43	
CIMAC A10	X	X	X	X	
CIMAC B10	X	X	X	X	
CIMAC C10	X	X	X	X	
CIMAC D15	X	X	X	X	
CIMAC E25	X	X	X	X	
CIMAC F25	X	X	X	X	
CIMAC G35	X	X	X	X	
CIMAC H35	X	X	X	X	
CIMAC K35	(X)	(X)	(X)	(X)	
CIMAC H45	X	X	X	X	
CIMAC K45	(X)	(X)	(X)	(X)	
CIMAC H55	X	X	X	X	
CIMAC K55	(X)	(X)	(X)	(X)	

X admissible

(X) admissible in connection with?
suitable treatment system only
(increased density limit)

Caution: Observe CCAI limit curves (A4.05.07.03.nn)!

CIMAC – REQUIREMENTS for RESIDUAL FUELS for diesel engines (as delivered)
– ANFORDERUNGEN an RÜCKSTANDS-KRAFTSTOFF für Dieselmotoren (wie geliefert)

Characteristic	Designation: Bezeichnung:		CIMAC A 10	CIMAC B 10	CIMAC C 10	CIMAC D 15	CIMAC E 25	CIMAC F 25	CIMAC G 35	CIMAC H 35	CIMAC K 35	CIMAC H 45	CIMAC K 45	CIMAC H 55	CIMAC K 55
	Dim.	Limit	RMA30	RMB30	RMC30	RMD80	RME180	RMF180	RMG380	RMH380	RMK380	RMH 500	RMK500	RMH700	RMK700
Related to ISO8217 (05):F-															
Density at 15 °C Dichte	kg/m ³	max	950 ²⁾	975 ³⁾		980 ⁴⁾	991		991		1010	991	1010	991	1010
Kin. viscosity at 100 °C Kin. Visk. bei 100 °C	cSt ¹⁾	max min	10		15	25		35			45		55		
Flash point Flammpunkt	°C	min	60		60	60		60			60		60		
Pour point (winter) (summer) Stockpunkt	°C	max	0	6	24	30	30		30			30		30	
Carbon Residue (Conradson) Koksrückstand	% (m/m)	max	12 ⁶⁾		14	14	15	20	18	22		22		22	
Ash Asche	% (m/m)	max	0.10		0.10	0.10	0.15	0.15	0.15 ⁷⁾		0.15 ⁷⁾		0.15 ⁷⁾		
Total sedim. after ageing Totaler Sedimentanfall nach Alterung	% (m/m)	max	0.10		0.10	0.10		0.10			0.10		0.10		
Water Wasser	% (V/V)	max	0.5		0.5	0.5		0.5			0.5		0.5		
Sulphur Schwefel	% (m/m)	max	3.5		4.0	4.5		4.5			4.5		4.5		
Vanadium	mg/kg	max	150		300	350	200	500	300	600		600		600	
Aluminium + Silicon	mg/kg	max	80		80	80		80			80		80		
Zink	mg/kg	max.	15		15	15		15			15		15		
Phosphor	mg/kg	max.	15		15	15		15			15		15		
Calcium	mg/kg	max.	30		30	30		30			30		30		

Fuel shall be free of used lubricating oil (ulo)

der Kraftstoff soll frei von gebrauchtem Schmieröl sein (ulo)

1) An indication of the approximate equivalents in kinematic viscosity at 50 °C and Redw. l sec. 100 °F is given below:

Kinematic viscosity at 100 °C	mm ² /s (cSt)	7	10	15	25	35	45	55
Kinematic viscosity at 50 °C	mm ² /s (cSt)	30	40	80	180	380	500	700
Kinematic viscosity at 100 °F	Redw. l sec.	200	300	600	1500	3000	5000	7000

Eine ungefähre Zuordnung der kin. Viskositäten bei 50 °C sowie in Redw. l sec. bei 100 °F enthält die nachstehende Tabelle:

7	10	15	25	35	45	55
30	40	80	180	380	500	700
200	300	600	1500	3000	5000	7000

2) ISO : 975
3) ISO : 981

4) ISO : 985
5) ISO : not limited
nicht begrenzt
6) ISO : Carbon Residue
Koksrückstand 10
7) ISO : 0.20

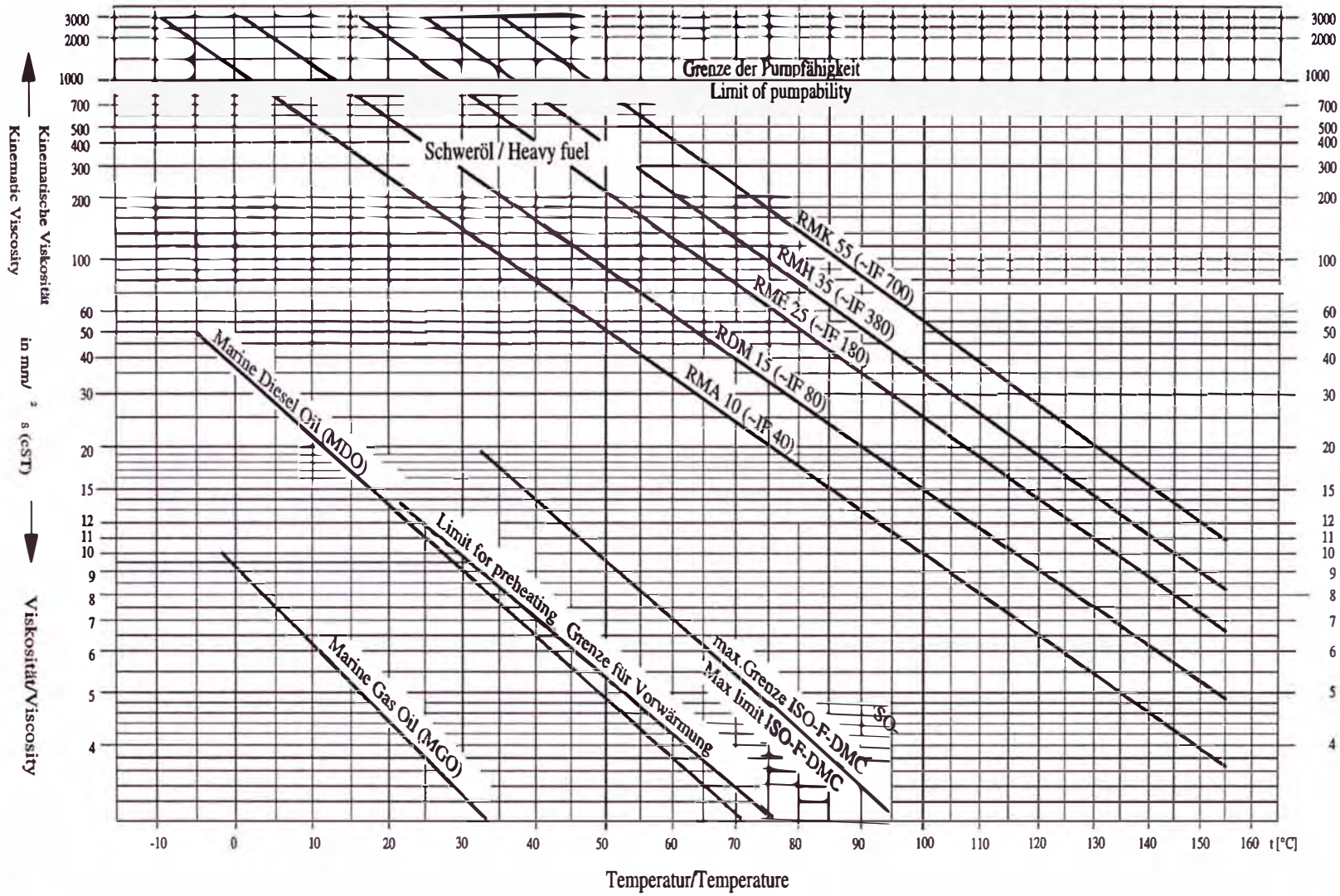


M20-M601C

Regulations and care
Viscosity temperature sheet

A4.05.07.06

Viskosität-Temperatur-Blatt / Viscosity-Temperature-Sheet



ANEXO 2.3

- Especificaciones técnicas del generador del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencias documento PH-28545-07-03-07 páginas 1 y 2.



**Order specification for AvK-Alternators
- technical -**

Ordered in factory with revision no. 2 on 07.03.07

Order specification

Issued by:	Sales Department
Created by:	Herr K.-J. Krämer
Released by:	Herr G. MacMahon
Date:	13.02.200

1	AvK order no. : 84 28545 A002		
	Customer : CAT		Revision no.
	Revision no. : 0 dated 13.02.07; 1 dtd. 05.03.07 (KK); 2 dtd. 07.03.07 (KK)		
2	Application / Project : Electro Oriente, Peru	Alternator type: DIG 165 n/10	
3	AvK Offer no. : P-006.21283/USA, rev.1	Quantity: 2	
4	Factory Project no. : P8-06-1008		
5	Customer Order no. : 93059 / 242		
	Ktr. 265 128		
6	Delivery Date : KW. 32/07 ab Werk	Mode of operation: Stationary power plant	
17	Rated data	Rules, Standards	
18	Output [kVA] : 9087	Standard: VDE 0530, EN 60034,	
19	Cos Phi : 0,8	R. I. S. degree: N	
20	Voltage [kV] : 10,5	Insulation class: F	
21	Current [A] : 500	Temperature rise: F	
22	Frequency [Hz] : 60	Ambient Temp. [°C]: 40	
23	Speed [min ⁻¹] : 720	Altitude at site [m]: 122 above sea level	
24	Technical data		
25	Circuit diagram : to be submitted 4 weeks after placement of order		
27	Efficiency : See project data sheet dated 14.11.06		
28	Rated load cos phi = 0,8 [%] : 96,7 guaranteed		
29	Rated load cos phi = 1 [%] : 97,45		
30	Efficiency tolerance : Acc. VDE 0530, EN 60034		
31	Reactances, time constants : See project data sheet dated 14.11.06		
32	Overspeed : 1,2 x nominal speed for 2 min		
33	Operating voltage range : See special conditions		1
34	Operating frequency range : +/- 2 %, acc. EN 60034-1, zone A		
35	Parallel operation : Parallel with the grid and island mode		
36	Overload capability : 10 % for 1 hour every 12 hours or 50 % for 30 sec. (acc. IEC)		
37	3-phas. sustained short circuit current : 3 x rated current for max. 5 sec		
38	Special conditions:		
42	Operating voltage range : +/- 5 % acc. EN 60034-1, zone A cont. operation extended to 12 kV		1
53	Design details, general		
54	Design : B3 / IM1001		
55	AvK-project drawing : Project phase: AZ 12820 Rotor-no.: 87444.1		2
59	Type of prime mover : Diesel engine, type: CAT 16CM32 7518kW mech		
63	Rotation facing alternators drive end : Clockwise		
64	Surface treatment : Standard primer with paint finish colour RAL CAT yellow		
65	Dynamic balancing : G2,5 acc. ISO 1940 with half key at shaft end		
67	Mounting of coupling hubs : The coupling hub (readily machined and balanced), customer supplied, will be mounted at AvK. The dimensions of coupling hubs shall be advised until 8 weeks before delivery. The coupling hub shall be sent DDU AvK Ingolstadt 4 weeks before delivery.		
70	Enclosure, cooling type		
71	Enclosure alternator : IP 23		
72	Enclosure terminal box : IP 54		

Revision:
L dated 28.12.2006

Cooling : IC 01, on circuit
Coolant : Ambient air

Bearing arrangement + Lubrication

Bearing design : Sleeve bearing
Protection against shaft currents/earthin brush : NDE bearing insulated, earthin brush at DE
2 Lubrication, oil supply DE bearing : Oil supply from circuit of prime mover
Lubrication, oil supply NDE bearing : Oil rin lubrication, selflubricated and auto cooled
Oil pressure at oil inlet and outlet : Inlet lower 0,3 bar,
Oil quality : ISO VG 68 approx 18 l/min.
Oil inlet temperature : 40 °C max . 60 °C

Terminal box + Accessories, Current transformers

Location main terminal box seen on DE : On the left side 1
9 Cable connection : Cable enter from the bottom 1
Cable land plate : Non-magnetic panel, undrilled, without cable lands
3 Star arrangement : 4 terminals, star point connected in terminal box
4 Location auxiliary terminal box seen on DE : Left hand side 1
Supplier of current transformers : Supplied by AvK
Current transformers, star point side : Double core
128 - Prima current A : 600/5/5 A
- Seconda current A : 5 / 5
130 - Class : 0,5FS5 / 10P20
- Burden A : 30 / 10 VA

1 Voltage regulation system

2 Voltage regulator : DECS 200 to be supplied by switchboard manufacturer
Test with our testfield regulator,
adjustment datas forwarded to customer
9 Regulator location : for panel mounting
Transformer for actual value measuring : No CTs and VTs included. (switchboard manufacturer scope of supply)

Instrumentation

Temperature detection stator winding : 2 x 3 PT100
Temperature detection : 1 PT100 per bearing
Anticondensation heater built-in : Supply voltage 230 V +-10% VAC 1-ph., 2
Power required 1500 W

Works tests

AvK-standard tests : "Relevant Test Volume" acc. AvK Specification SP 8.3-0
0 Special tests : Yes, Specification: GL Industry 1
Noise level test
71 Works tests witnessed by client : Not required

74 Documentation/Dates

175 Dimension drawing : AZ 12820 2
Shaft drawing with moment of inertia : 87444.1 2
8 Connection / terminal plan :
9 Drawings also as *.DXF-file : Yes
Operation manuals, series lists : With alternator deliver
1 Inspection sheet : 2 weeks after works test
183 Documentation languages : English
No. of copies : 1x in CD form and 1x in Hard copy
CD-Rom : Included + 1x regulator adjustment datas
Labeling : English

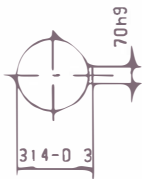
Additional details

Material and others : Non-corrodible material

ANEXO 2.4

- Dimensiones del generador del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencias plano AZ 12820 (2 paginas)

Als Urheber haben wir das ausschließliche Recht zur Verwertung dieser Zeichnung. Vervielfältigung und jegliche Mitteilung an Dritte ist ohne schriftliche Einwilligung unzulässig und strafbar.



Ölangaben
oil data

A-Seite (OE)	34	12	<60	<0,3	SAE 40	93°C
B-Seite (NOE)	34				ISO VG 46	

Q [l]	q [l/min]	Δt [°C]	p [bar]	v	tmax [°C]
34	12	<60	<0,3	SAE 40	93°C

kg	kgm ²	Rotor	Motor
32300	3205	87444 1	16CM32

Projekt-/Order-Nr
Anderun
Rev

Ablauf DN65
oil outlet

Einlauf DN20
oil inlet

Druckminderer
pressure
reducing
valve

Allgemeintol
DIN ISO 2768m
Oberfläche
DIN ISO 1302
Datum
Bearb
Gepr
Norm



Maßstab 1:20
Type
Benennung
Maßzeichnung-Generator
dimension drawing-alternator

AVK
AVK Deutschland GmbH & Co. KG

Zeichnungs-Nr
AZ 12820
Blatt
Bl

aux terminal box

Hauptkl. Kosten
main terminal box

Lufteneintritt
air inlet

Lufteneintritt
air inlet

B Rotore dung
rotore rthing

ux gland plate
5xPG21

Abschlußplatte
Phase gland plate
215x680 opening

ca. 440
ca. 100

110 110

M30x2
1280

110 11 30

15 780

920±1
1085
1250±1

4260±100

2830±1
3085
3340±1

1050

Ø80

ca. 300
ca. 1000

300

1100

2400±1

2700

ca. 45
ca. 600

50 940±1

2910±100

2040

S

1087

890

190

1040

1050

9°

1050

1050

60

S

B

C

D

E

F

1

2

3

4

5

6

7

8

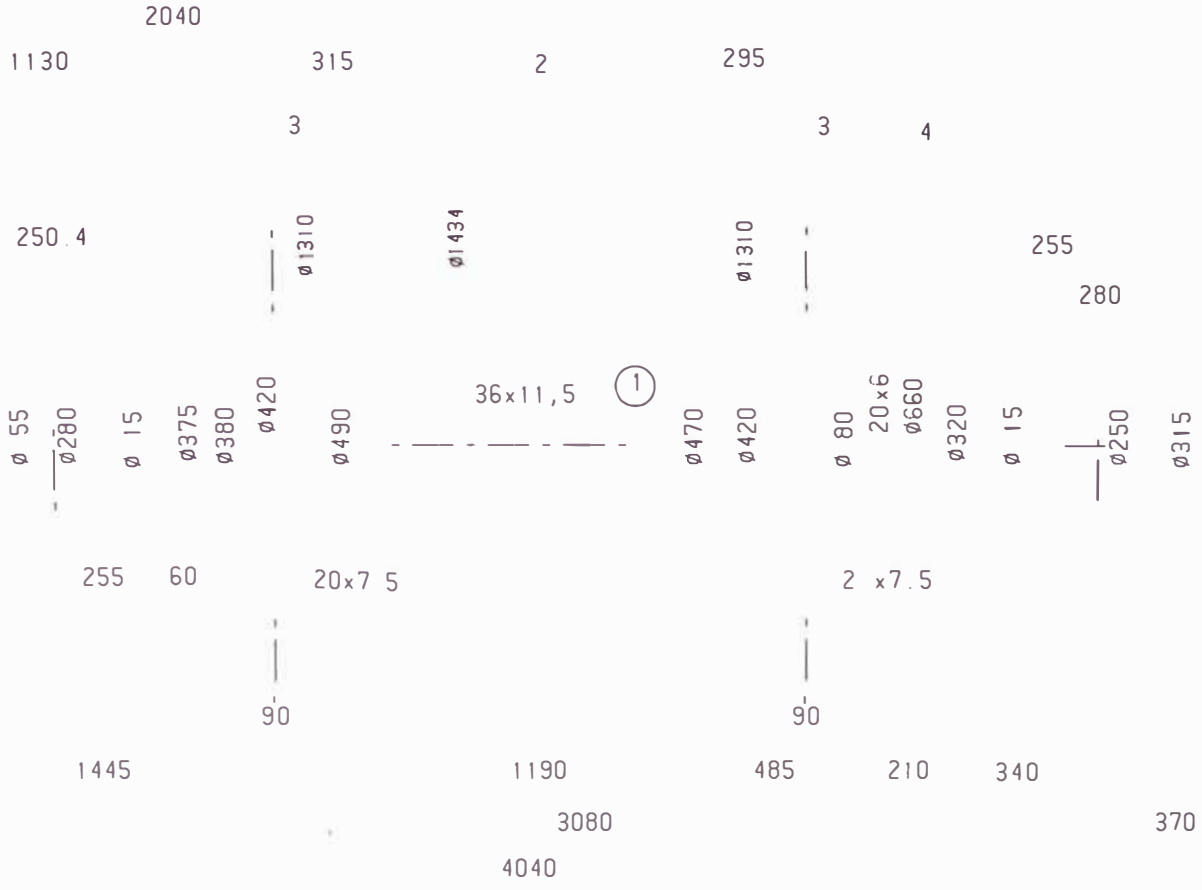
Als Urheber haben wir das ausschließliche Recht zur Verwertung dieser Zeichnung Vervielfältigung und jegliche Mitteilung an Dritte ist ohne schriftliche Einwilligung unzulässig und strafbar

A

B

C

D



Projekt-/Order-Nr



Maßzeichnung: AZ12820

Datum Name Benennung
 Bearb 06 03 07 Babaei
 Gepr 07 03 07 Ottilinger
 Norm

Rotor
 DIG 165 n/10



Zeichnungs-Nr
 87444 1

Blatt

Bl

28545

Nr	Benennung/denom.	J	Gew /weight	H
1	Welle/shaft	86	3770	F
2	Polrad/main field	3078	11340	E
3	Erreger/exciter	25	400	D
4	Ventilator/fan	8/8	145/145	C
5				B
				A
AZ	Gesamt/total	3205 kgm ²	15800 kg	Rev

Anderun
 3

Datum Name Gepr (Urspr.)
 4

(Ers f)
 5

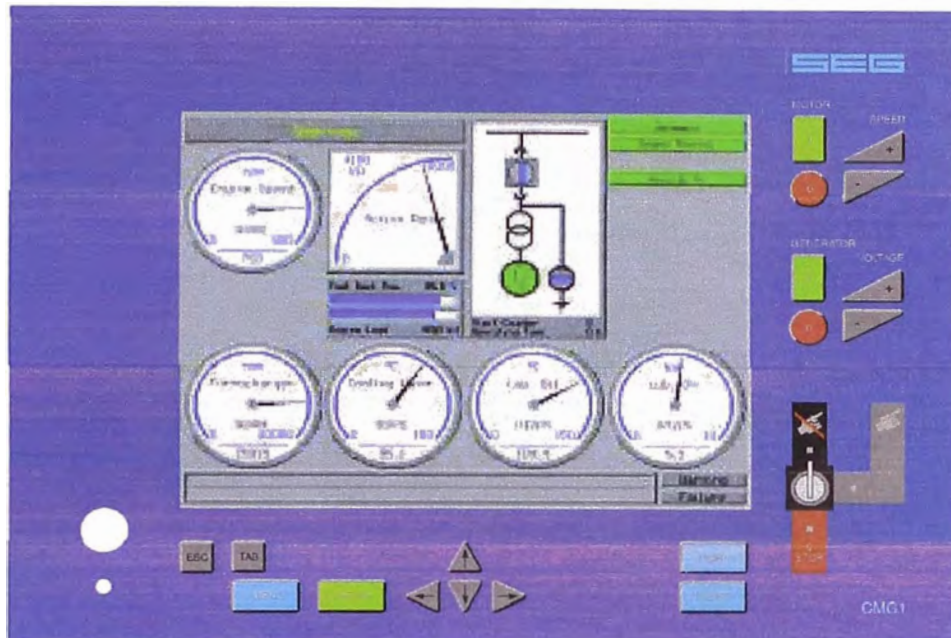
(Ers d)
 6

ANEXO 2.5

- Vista de pantallas del menú del módulo de control del tablero de control del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencias paginas 5-13 al 5-21.

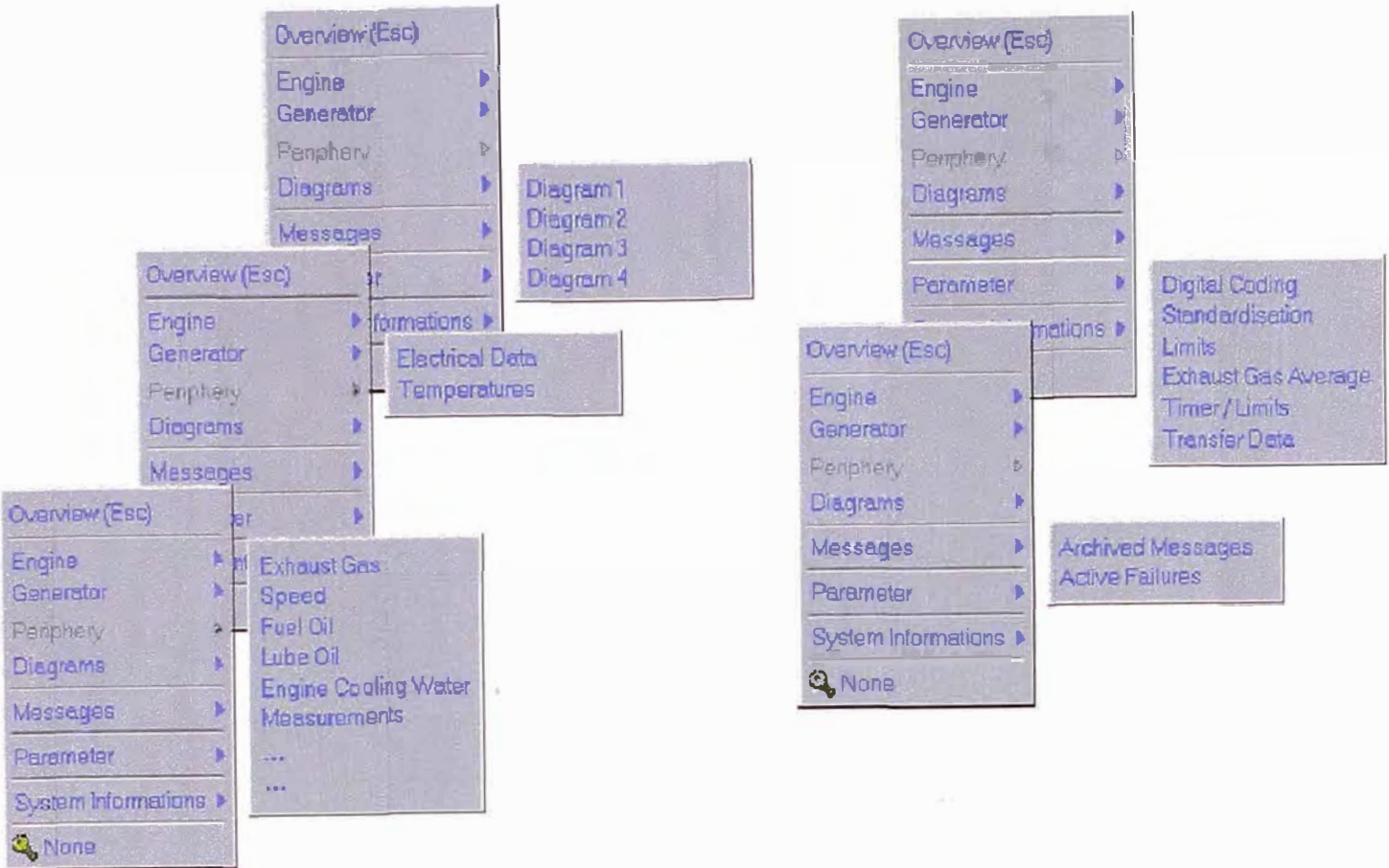


GMS - Gen-Set Management System

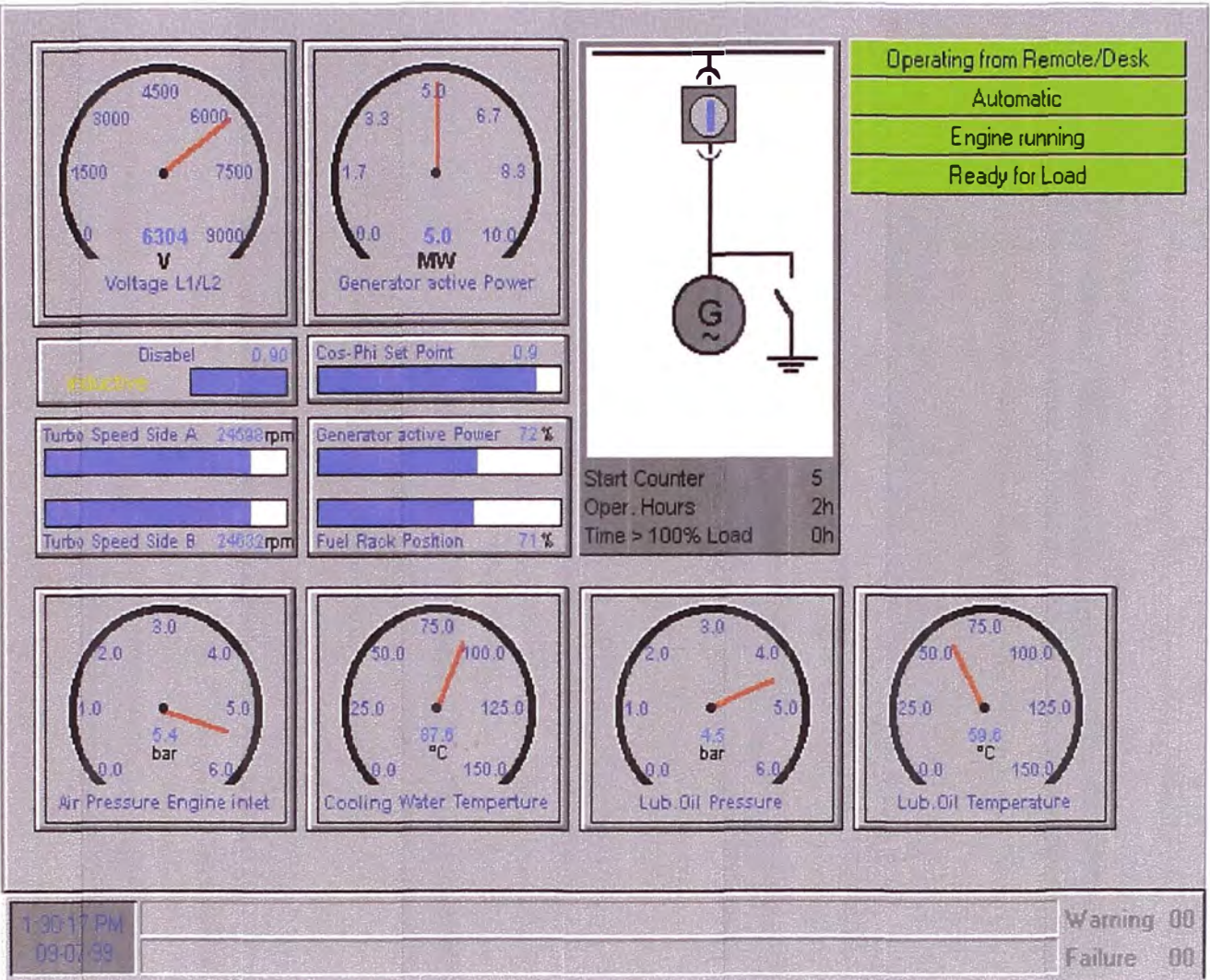




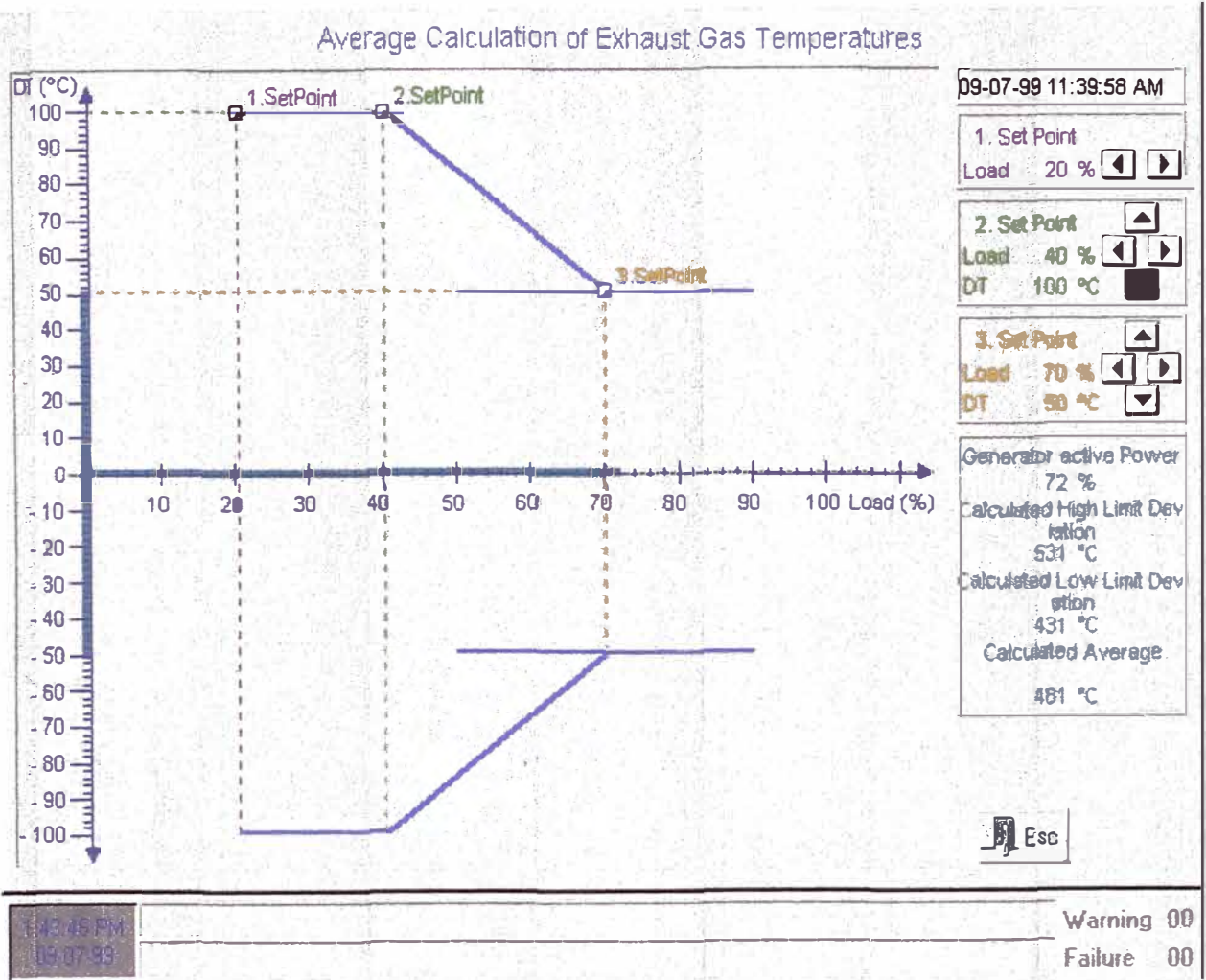
Selection Menues



Engine Running

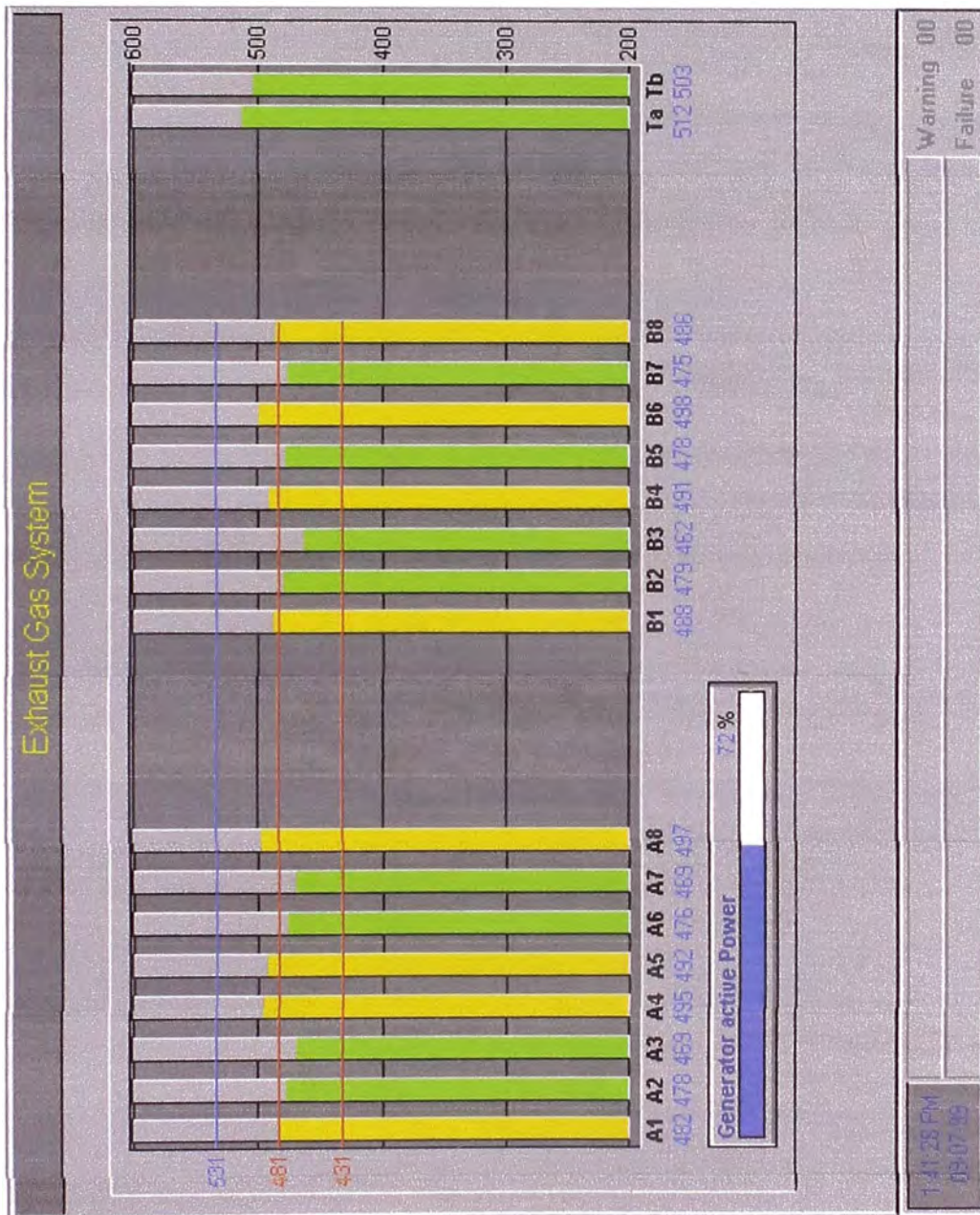


Average Calculation of Exhaust Gas Temperatures

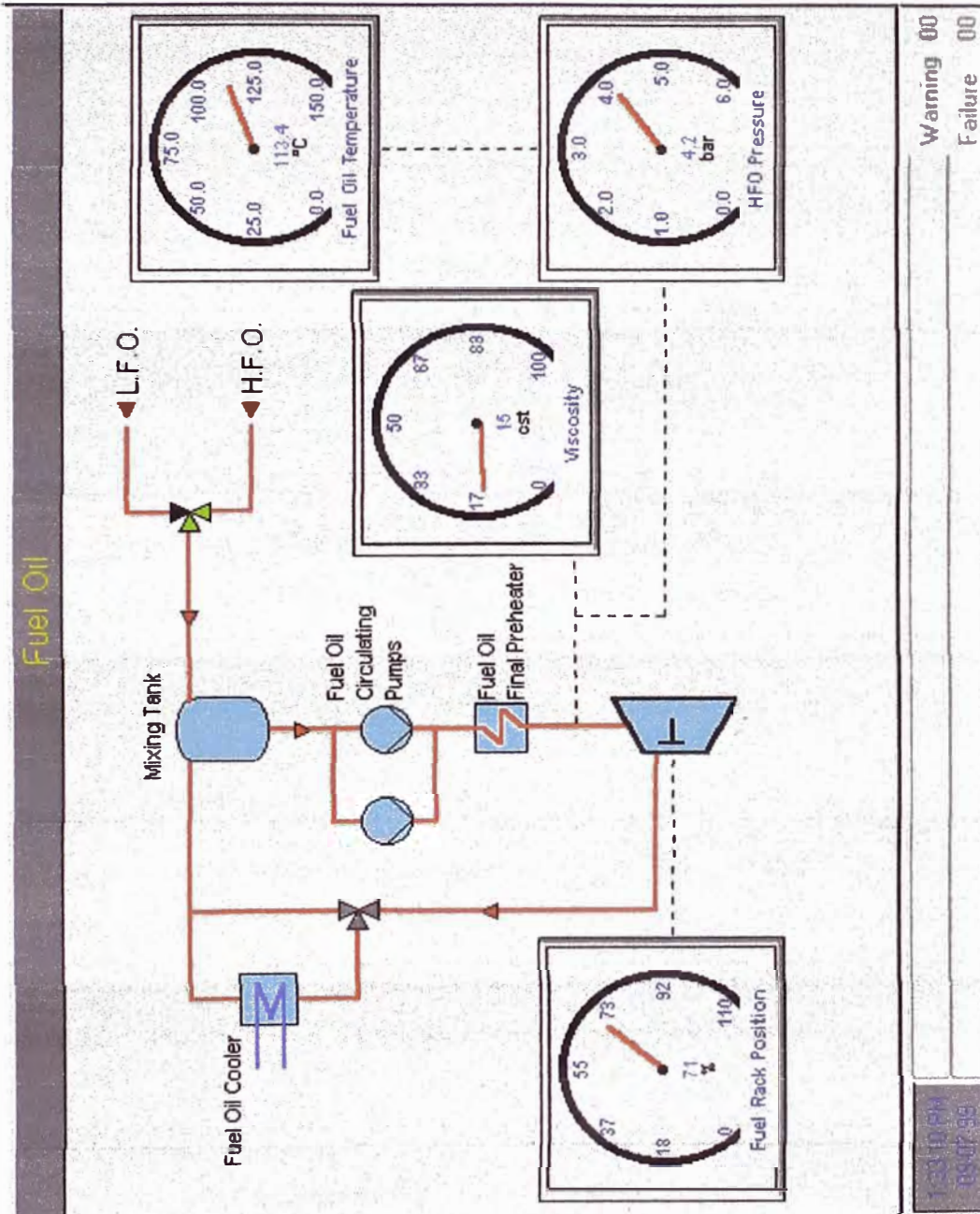




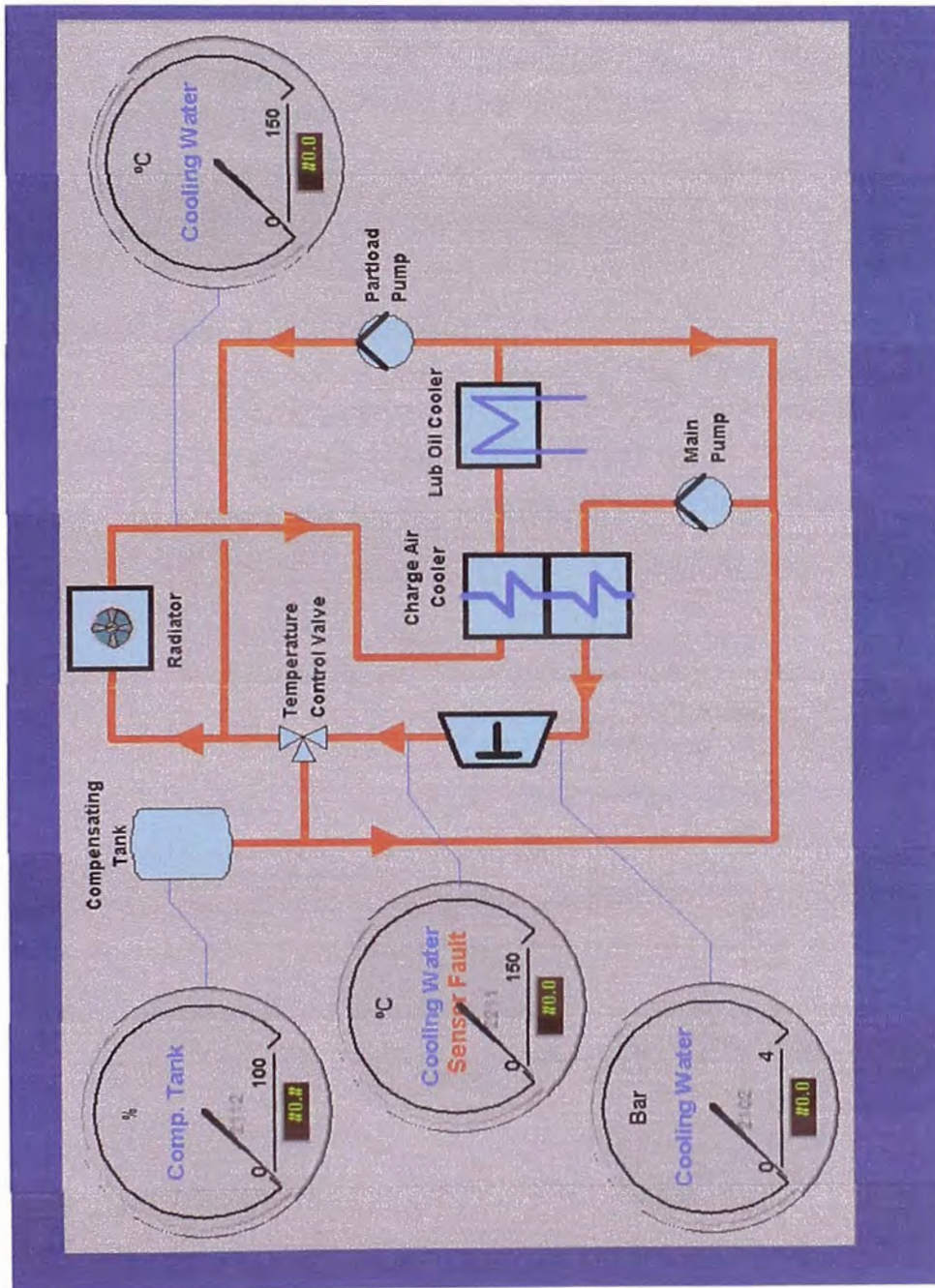
Exhaust Gas System



Fuel Oil System



Cooling Water System

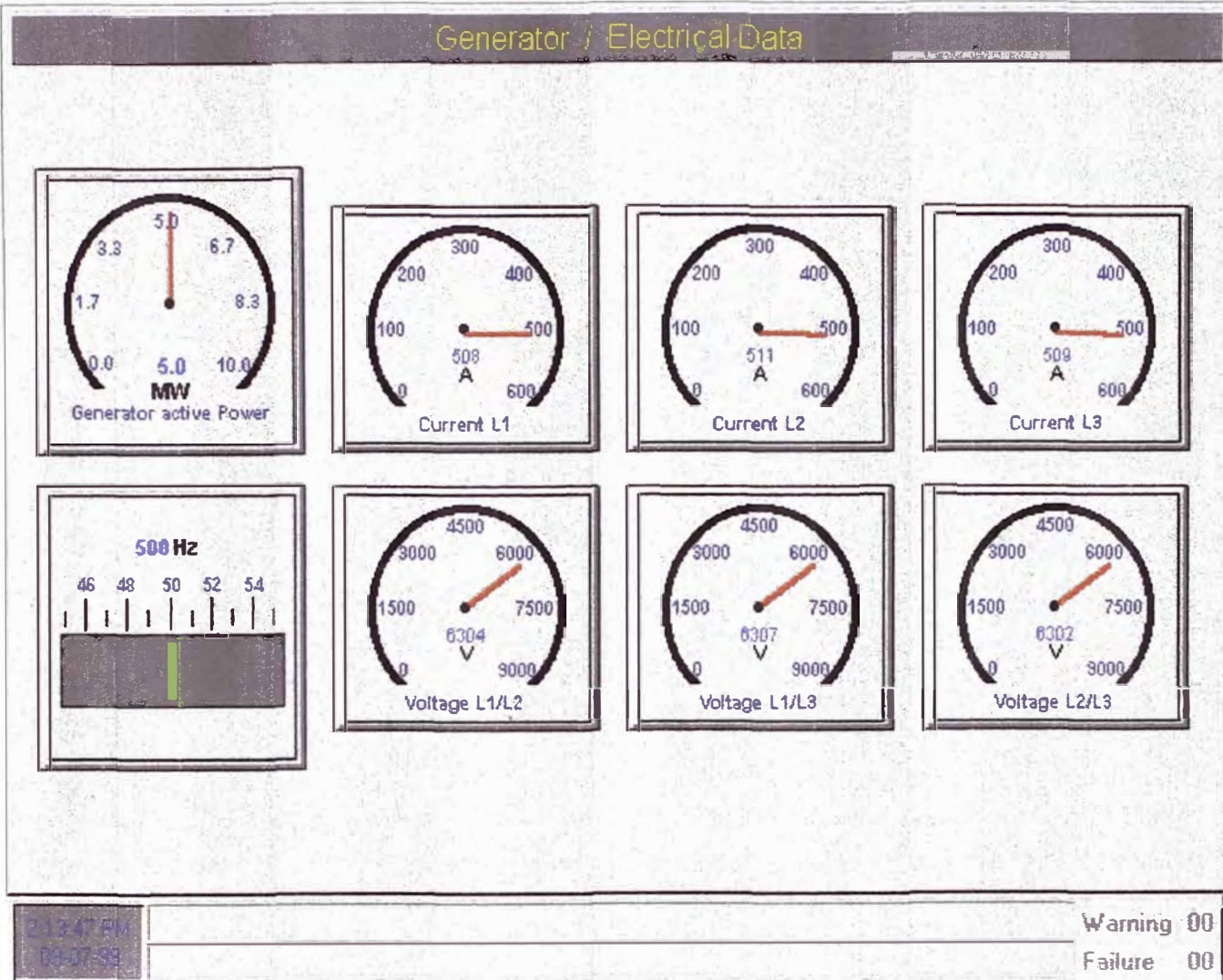




Caterpillar
International
Power
Systems

Power Plant Project Guide
for CM Engines

Generator - Electrical Data

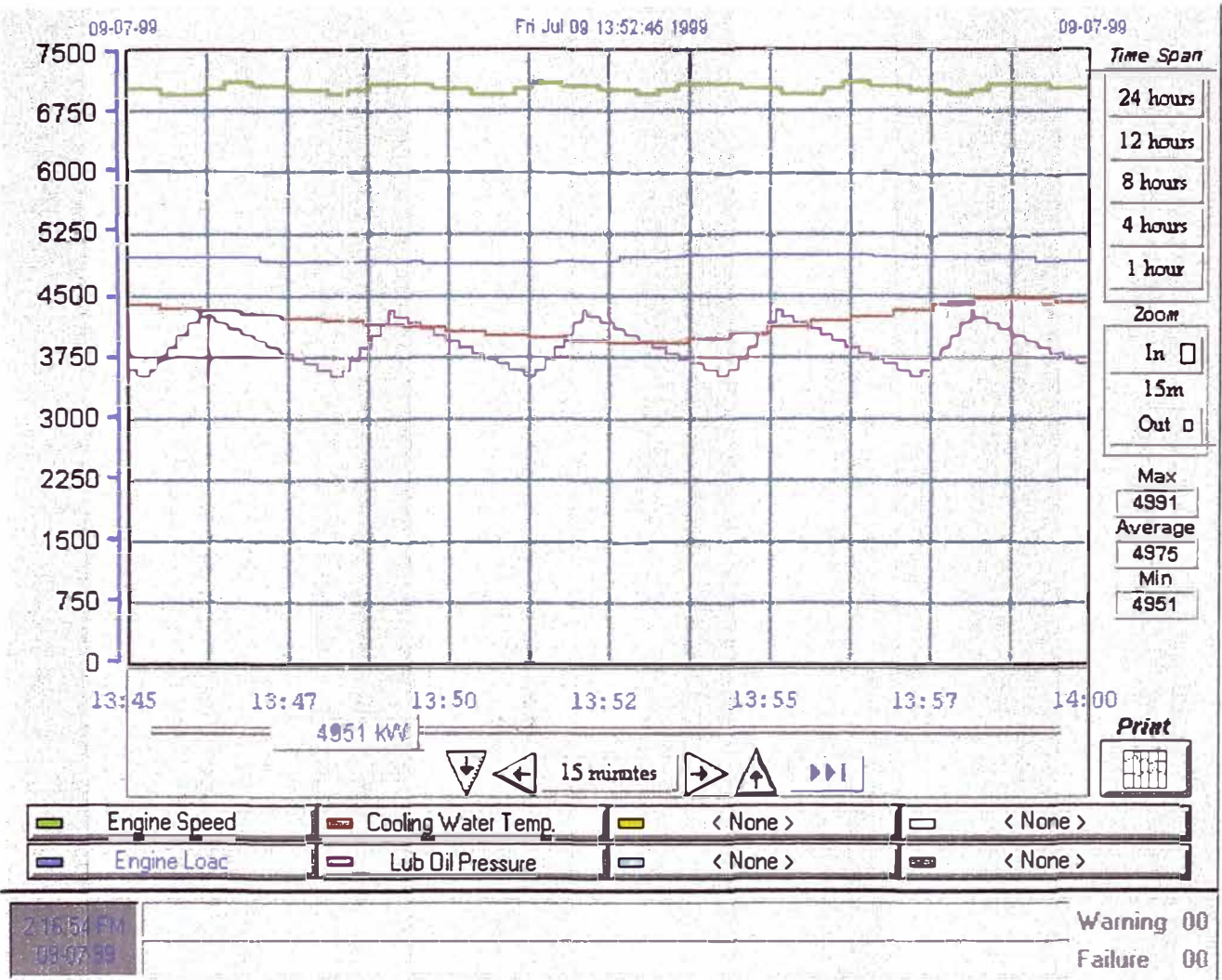




Caterpillar
International
Power
Systems

Power Plant Project Guide
for CM Engines

Diagrams



ANEXO 3.1

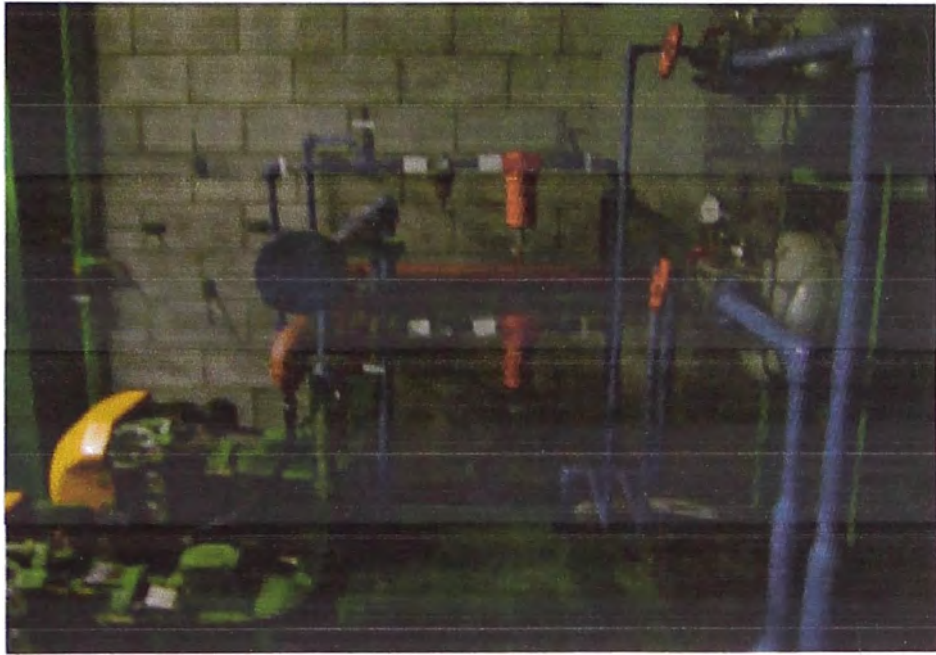
- Fotografías del sistema de aire de arranque e instrumentación del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencias 02 paginas.



Compresores



Botellas de aire



Filtros

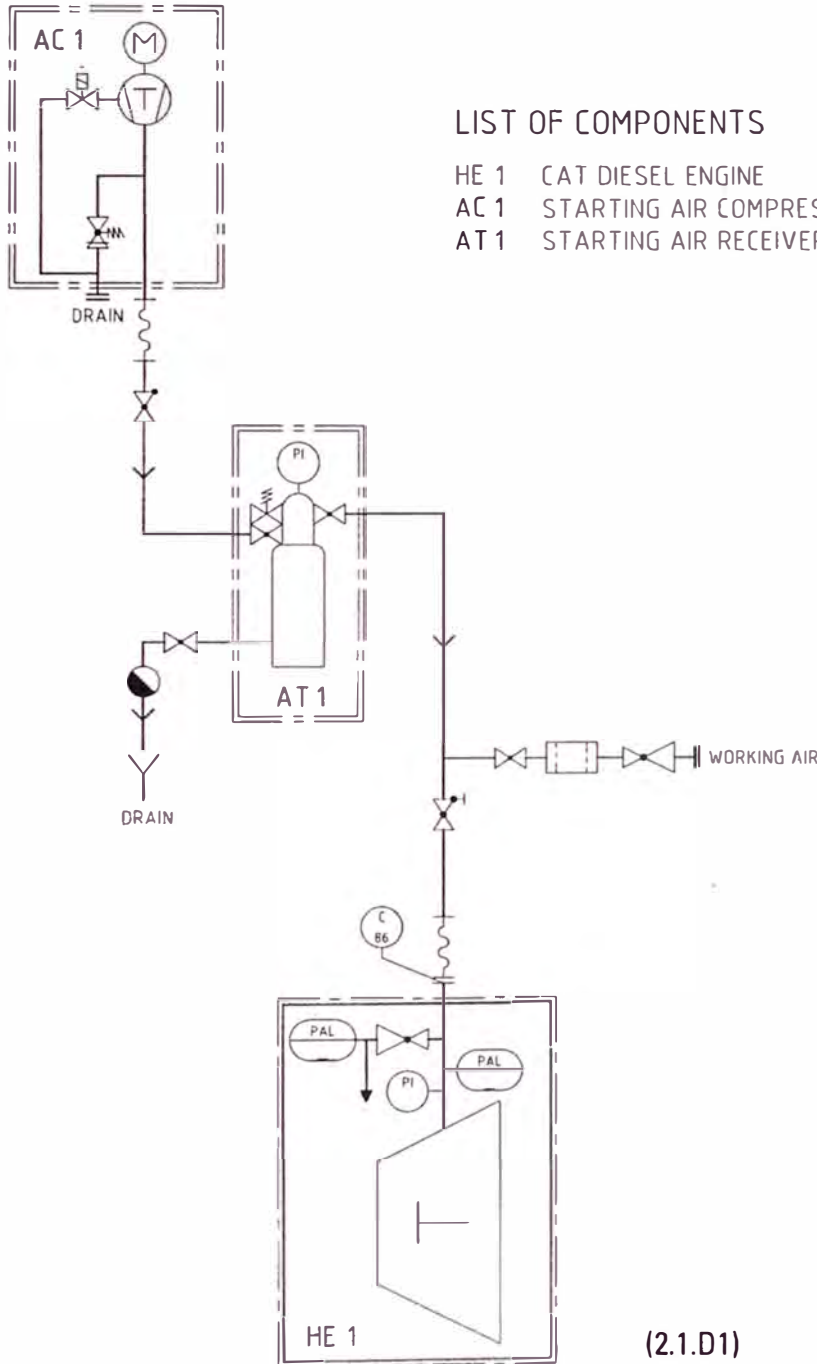
ANEXO 3.2

- Esquema del sistema de aire de arranque e instrumentación del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencias pagina 2-4



5 Starting Air Schematic Diagram

In-line Engine and V-Engine



ANEXO 3.3

- Fotografías del sistema de lubricación del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencias 02 páginas.



Filtros Automático y Duplex



Bomba de Prelubricación y Enfriador de Aceite



Bomba principal y bomba de transferencia



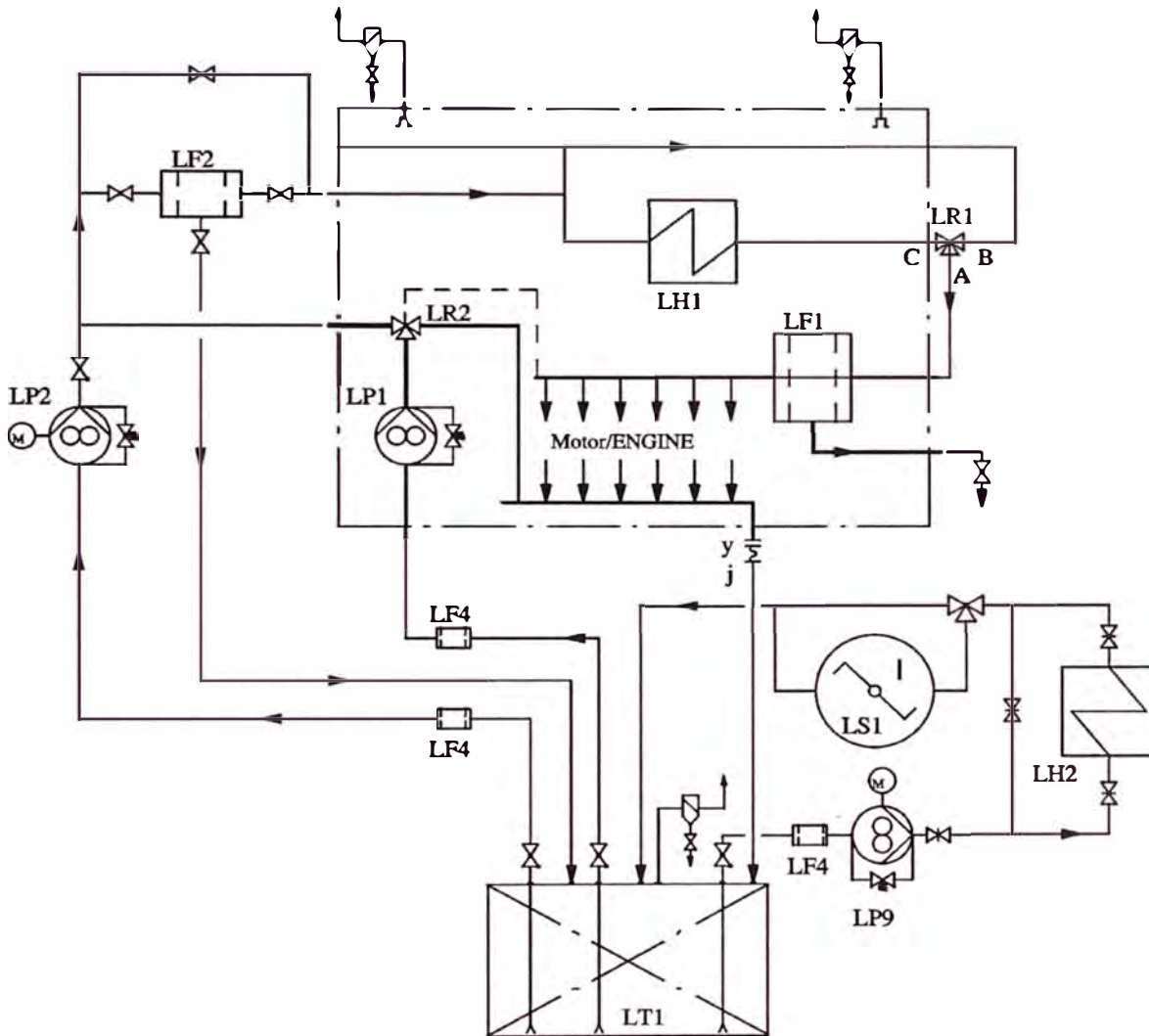
Módulo de centrifugación de aceite

ANEXO 3.4

- Esquema del sistema de lubricación del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencias pagina BA020010.

M32

Basic schema of the lubricating oil system



LF1 Duplex lube oil filter
 LF2 Lube oil automatic filter
 LF4 Suction filter
 LH1 Lube oil cooler
 LH2 Lube oil preheater
 LP1 Lube oil force pump
 LP2 Lube oil auxiliary pump
 LP9 Transfer pump (separator)

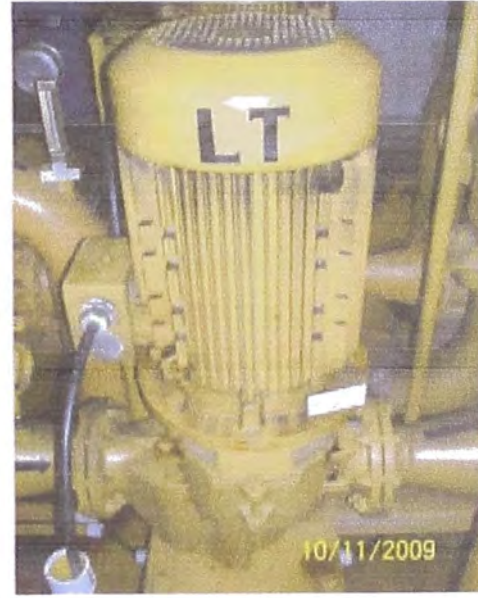
LR1 Lube oil temperature control valve
 LR2 Lube oil pressure limiting valve
 LS1 Lube oil separator
 LT1 Lube oil sump tank

ANEXO 3.5

- Fotografías del sistema de refrigeración del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencias 02 paginas.



Radiadores



Bombas HT - LT



Módulo de Pre calentamiento



Valvulas de 3 vias – Termostaticas HT y LT



Tanques de Expansión

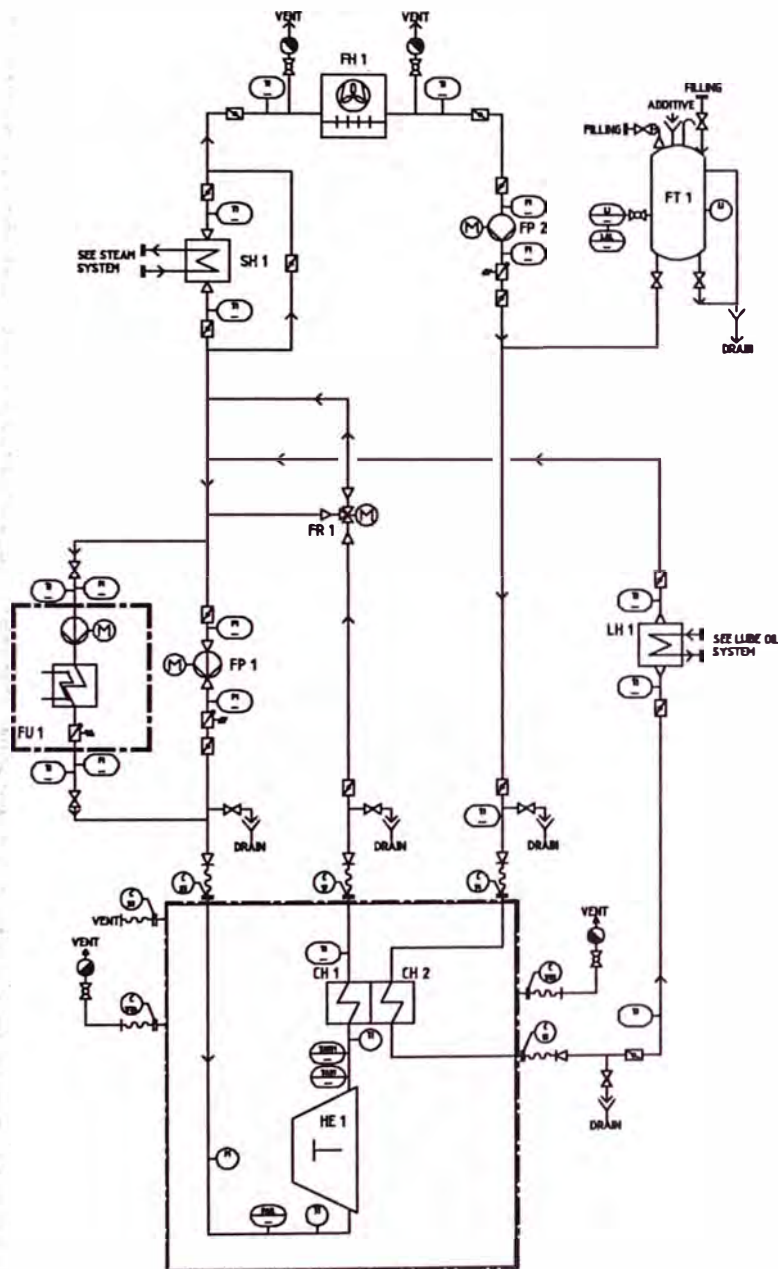
ANEXO 3.6

- Esquema del sistema refrigeración del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencias pagina 2-52



2.5 Radiator Cooling Water System Schematic Diagram

or CM 25, CM 32 and CM 43 engines -



LIST OF COMPONENTS

HE 1	CAT DIESEL ENGINE
CH 1	CHARGE AIR COOLER HT
CH 2	CHARGE AIR COOLER LT
FH 1	HT RADIATOR
FP 1	HT COOLING WATER PUMP
FP 2	LT COOLING WATER PUMP / PARTLOAD
FR 1	HT COOLING WATER TEMP. CONTROL VALVE
FT 1	COOLING WATER COMPENSATION TANK
FU 1	COOLING WATER PREHEATING UNIT
LH 1	LUBE OIL COOLER
SH 1	DUMPING CONDENSER

(2.7.D15)

ANEXO 3.7

- Fotografías del sistema de aire de combustible del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencias 02 paginas.



Tanque y bombas de transferencia HFO



Filtro Automático HFO y bombas de pre-presión HFO



Calentador de HFO y bombas de circulación HFO



Contometro y viscosimetro



Filtros Duplex y Tanque de mezcla

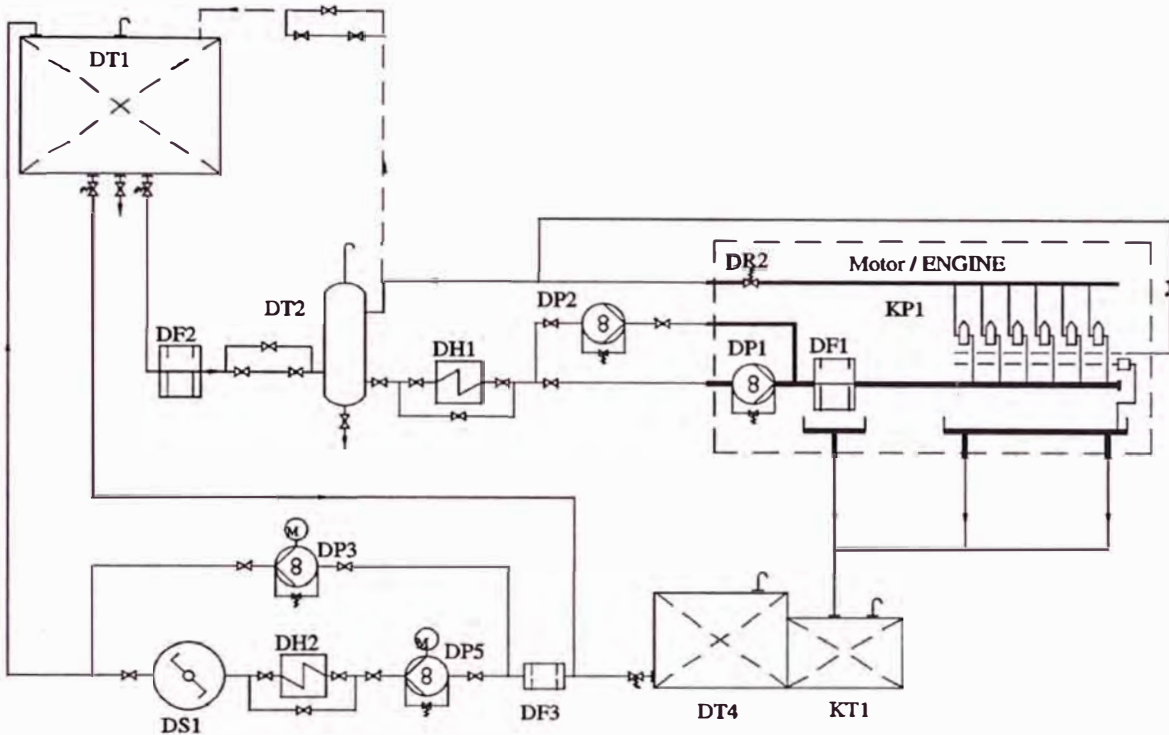


Módulos de Centrifugación

ANEXO 3.8

- Esquema del sistema de combustible diesel D2 del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencias página BA021416

Principal diagrammatic view of the distillate fuel circulatory system



DF1	Fuel fine filter (duplex filter)	DR2	Fuel pressure regulating valve
DF2	Fuel primary filter (duplex filter)	DS1	Diesel oil separator
DF3	Fuel coarse filter	DT1	Diesel oil day tank
DH1	Diesel oil preheater	DT2	Diesel oil intermediate tank
DH2	Electrical preheater for diesel oil (separator)	DT4	Diesel oil storage tank
DP1	Diesel oil feed pump	KP 1	Fuel injection pump
DP2	Diesel oil standby feed pump	KT1	Drip fuel tank
DP3	Diesel oil transfer pump (to day tank)		
DP5	Diesel oil transfer pump (separator)		

1. Storage tank DT4

When fueling, only empty storage tanks are to be used. This is to avoid segregation or the consequences of any incompatibility that may occur when taking on different types of fuel.

2. Separator DS1

The separator is only switched on, if distillate or mixed fuel is used instead of distillate fuel with 7 cSt/ 40 °C. It shall lower the content of solids and water to the minimum that can technically be reached.

3. Day tank DT1

ANEXO 3.9

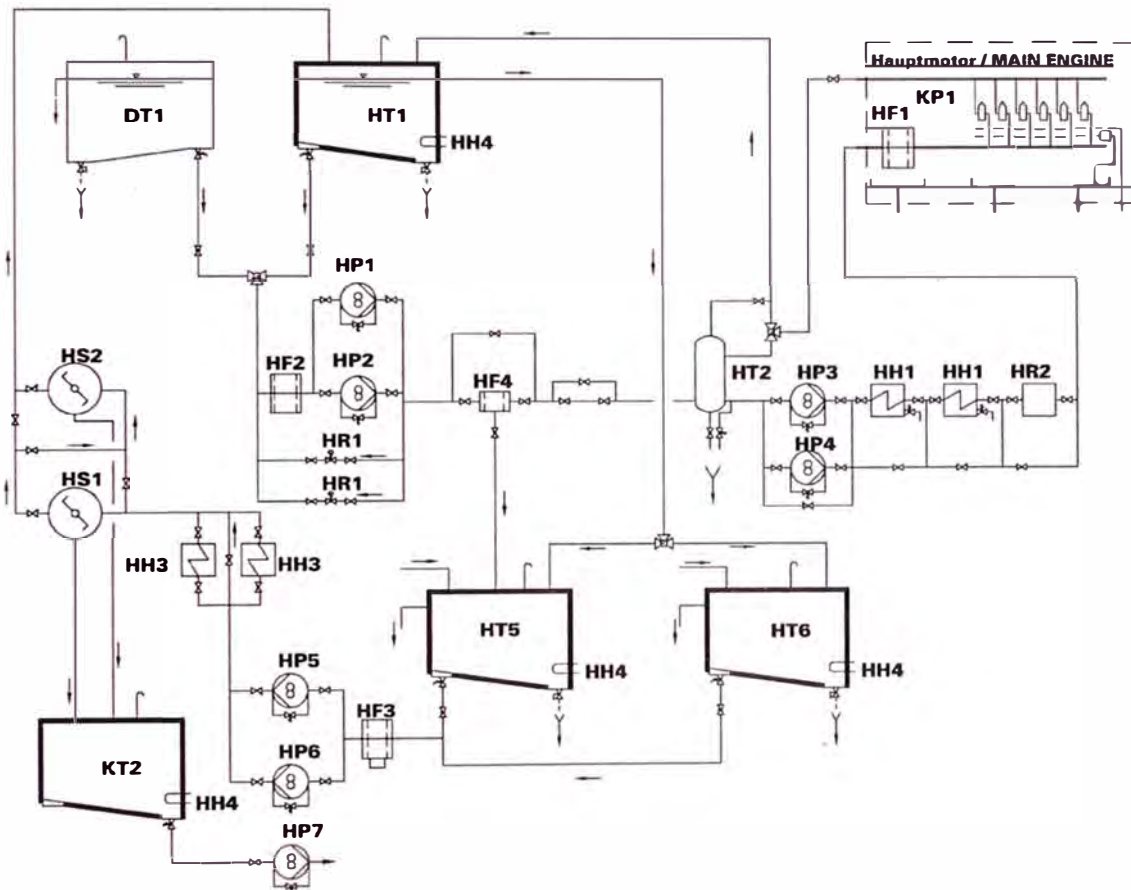
- Esquema del sistema de combustible residual HFO del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencias página BA021421

M32

Care and supervision

If you are uncertain of the bunker quality, a careful ascertainment of the quality must take place.

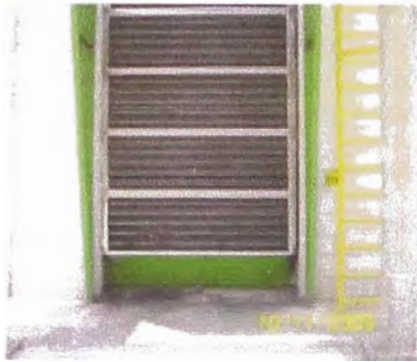
Basic schema of the heavy fuel system



DT1	Diesel oil day tank	HR1	Fuel pressure regulating valve
HF1	Fuel fine filter (duplex filter)	HR2	Viscometer
HF2	Fuel primary filter (duplex filter)	HS1/HS2	Heavy fuel separator
HF3	Fuel coarse filter	HT1	Heavy fuel day tank
HF4	Self cleaning fuel filter	HT2	Mixing tank
HH1	Heavy fuel final preheater	HT5/6	Settling tank
HH3	Heavy fuel preheater (separator)	KP1	Fuel injection pump
HH4	Heating coil	KT2	Sludge tank
HP1/HP2	Fuel pressure pump		
HP3/HP4	Fuel oil circulating pump		
HP5/HP6	Heavy fuel transfer pump		
HP7	Sludge pump		

ANEXO 3.10

- Fotografías del sistema de gases de escape y aire de carga del grupo electrógeno Cat Mak 16CM32, referencias 02 paginas.



Filtro Humedo y Silenciador de Aire de Admisión



Enfriador de Aire (Aftercooler)



Turbocompresores



Silenciador y Caldera de gases de escape



Tanque y electrobombas para agua de caldera.

ANEXO 3.11

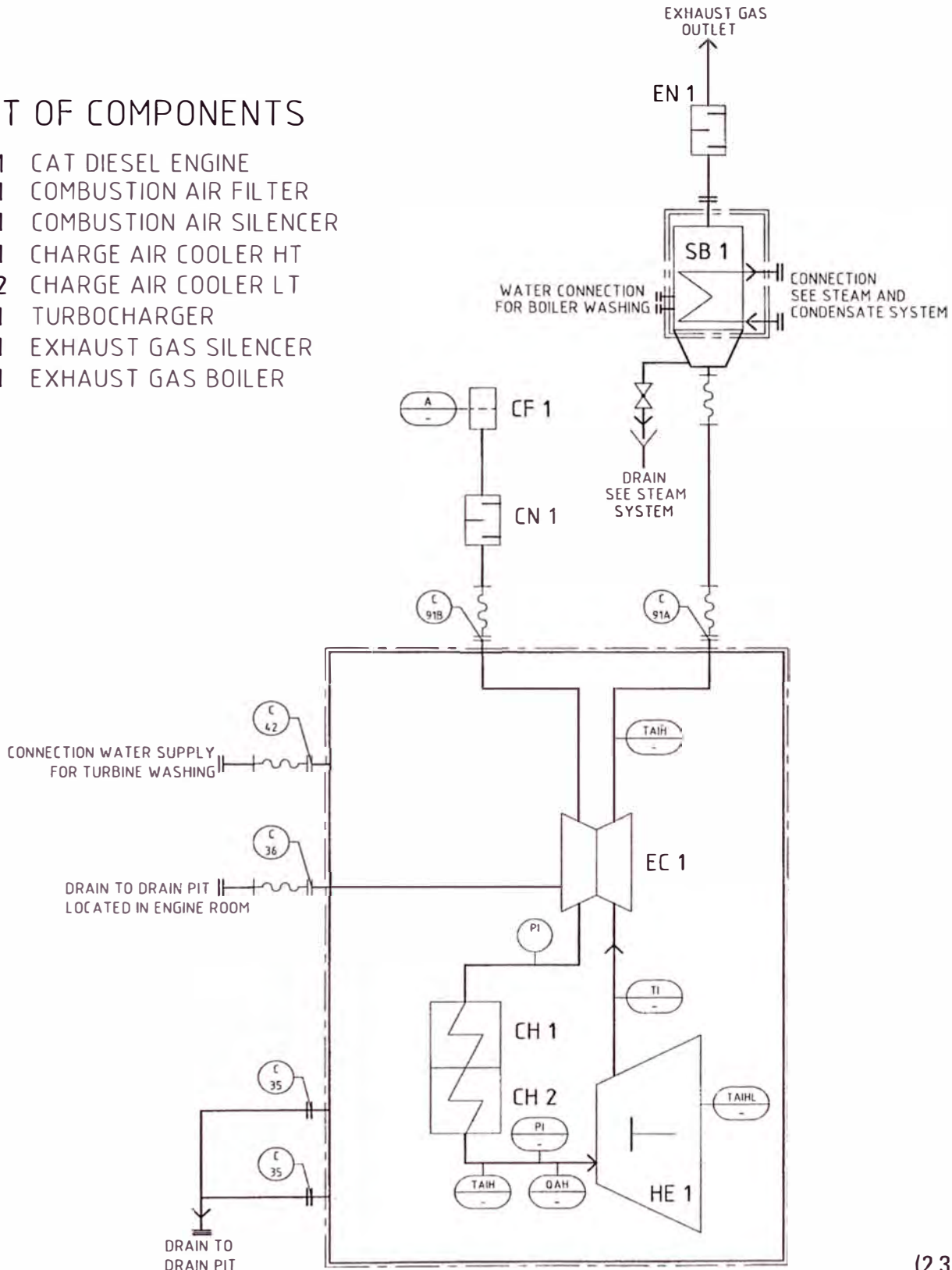
- Esquema del sistema de gases de escape y aire de carga del grupo electrógeno
Cat Mak 16CM32, referencias pagina 2-13



7 Combustion Air and Exhaust Gas Schematic Diagram

LIST OF COMPONENTS

- HE 1 CAT DIESEL ENGINE
- CF 1 COMBUSTION AIR FILTER
- CN 1 COMBUSTION AIR SILENCER
- CH 1 CHARGE AIR COOLER HT
- CH 2 CHARGE AIR COOLER LT
- EC 1 TURBOCHARGER
- EN 1 EXHAUST GAS SILENCER
- SB 1 EXHAUST GAS BOILER



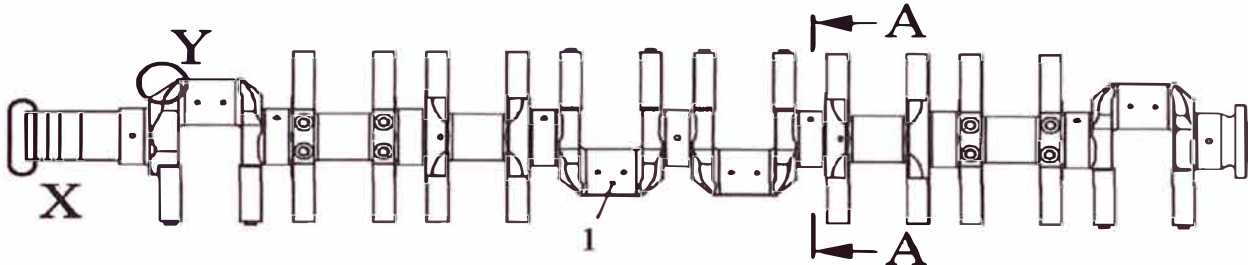
(2.3.D4)

ANEXO 5.1

- **Formato "Crankshaft Measurements".**

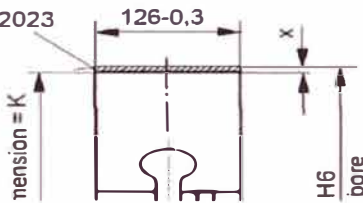
Station	Electro Oriente	CPGS KTR	KTR 207554	Date	Apr. 6, 2011
Engine Type	16CM32 C	Engine No.	51079	CPGS Report	P. Hopper

CRANKSHAFT MEASUREMENTS



big-end bearing, outside normal size

marking
e.g.
9 282023



marking
e.g.
9 282023



drawing No.	stock No.	K	x
** 1.90.7-28.20.00-11 ° 1.90.7-28.20.00-23 ° ** repl. 1.90.7-28.20.00-25 °	263 280 037	ø 280h6	6,39-0,015
* 1.90.7-28.20.00-28 °	193 466 048	ø 279,5h6	6,64-0,015
* 1.90.7-28.20.00-29 °	193 466 049	ø 279h6	6,89-0,015
* 1.90.7-28.20.00-30 °	193 466 051	ø 278h6	7,39-0,015
** 1.90.7-28.20.00-11 ° 1.90.7-28.20.00-23 ° **	263 280 037	ø 280h6	6,39-0,015

Crank Pin Journal N°	Crank Pin Standar diameter	Measurements	Observations
1	280 mm	280.00 mm	-
2	280 mm	269.00 mm	11 mm undersize
3	280 mm	268.00 mm	12 mm undersize
4	280 mm	280.00 mm	-
5	280 mm	280.00 mm	-
6	280 mm	280.00 mm	-
7	280 mm	280.00 mm	-
8	280 mm	280.00 mm	-

Note 1: In special cases we agree to operate the engine with maximum acceptable 3 mm undersize bearing means journal ground to 277 mm in diameter. Undersize bearing may exceed 3 mm / 277 mm are not available.

Note 2: Regret to inform you that we as Caterpillar has to consider this crankshaft as scrap and don't recommend further use as to risk for human life if an engine failure may occur.

ANEXO 6.1

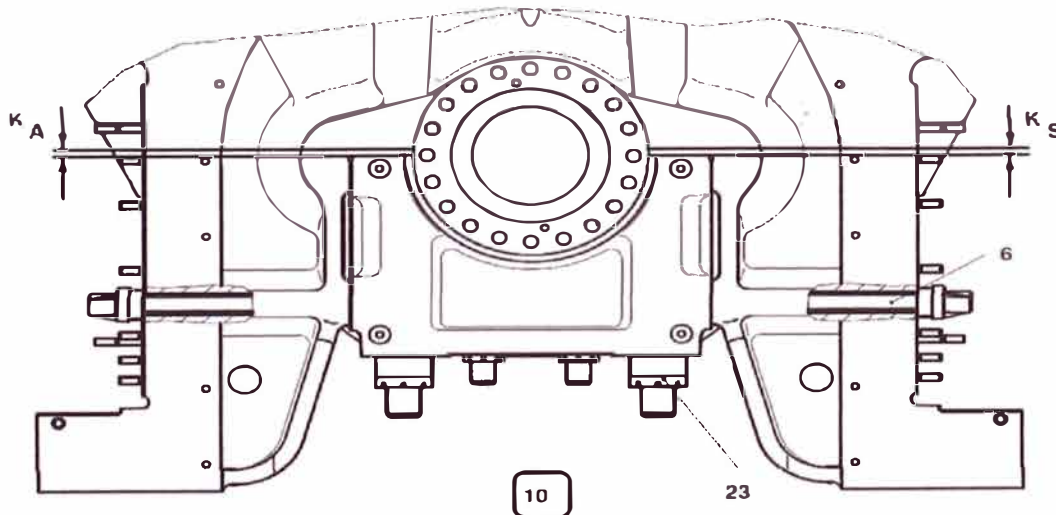
- Formato "Measure GAP".

Station	Electro Oriente	CPGS KTR	KTR 207554	Date	Dec. 8, 2012
Engine Type	16CM32 C	Engine No.	51079	CPGS Report	P. Hopper

MEASURE GAP

No	Ka	Ks	K= Ka+Ks	GAP K (mm)	Service Limit Value
1	0.60	0.60	1.20	1.00 - 1.25	0.80
2	0.60	0.60	1.20	1.00 - 1.25	0.80
3	0.60	0.50	1.10	1.00 - 1.25	0.80
4	0.60	0.60	1.20	1.00 - 1.25	0.80
5	0.60	0.60	1.20	1.00 - 1.25	0.80
6	0.60	0.60	1.20	1.00 - 1.25	0.80
7	0.60	0.60	1.20	1.00 - 1.25	0.80
8	0.60	0.60	1.20	1.00 - 1.25	0.80
9	0.60	0.60	1.20	1.00 - 1.25	0.80

Notes: _____



Recommendation: Use a feeler gauge to measure the gap "K" between the cylinder crankcase and crankshaft bearing cover on both side of the engine (cylinder rows A and B) and add the two measured values.

ANEXO 6.2

- Registro fotográfico de las labores realizadas en el cigüeñal.

Detalle fotográfico:

Sala de máquinas antes de iniciar las labores



Motor de desacoplado, listo para izaje



Instantes de levantamiento del block



Motor izado y embancado



Desmontaje de volante



Desmontaje de cigüeñal viejo



Traslado de cigüeñal nuevo



Limpieza de cigüeñal nuevo



Inspección de cigüeñal



Instalación de hub en cigüeñal



Cigüeñal listo para instalar



Instalación de cigüeñal nuevo



ANEXO 6.3

- Formato "Block Evaluation".



Caterpillar Power Generation Systems

VM32C Block Evaluation

Station:	Electro Oriente	CPGS KTR:	KTR 207554	Date:	Aug. 6, 2012
Engine Type:	16CM32 C	Engine No:	51079	CPGS rep:	Paul Hopper

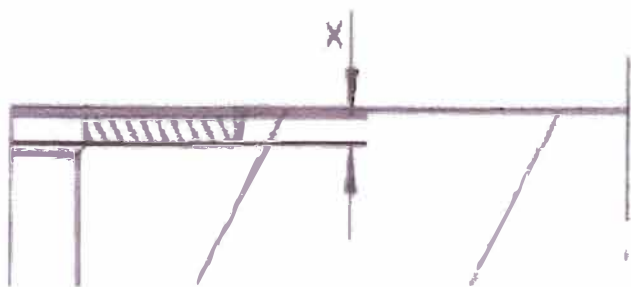
Cylinder		Contact Face Engine Block requires machining YES / NO	Contact Face Cylinder Liner requires machining YES / NO	Upper Liner Guidance Diameter requires machining YES / NO	Lower Liner Guidance Diameter requires machining YES / NO	Cylinder head Sealing Surface requires Machining YES / NO	Liner Sealing Surface requires machining YES / NO
1	1A	YES	NO	YES	YES	NO	NO
2	2A	YES	NO	YES	YES	NO	NO
3	3A	YES	NO	YES	YES	NO	NO
4	4A	YES	NO	YES	YES	NO	NO
5	5A	YES	NO	YES	YES	NO	NO
6	6A	YES	NO	YES	YES	NO	NO
7	7A	YES	NO	YES	YES	NO	NO
8	8A	YES	NO	YES	YES	NO	NO
9	1B	YES	NO	YES	YES	NO	NO
	2B	YES	NO	YES	YES	NO	NO
	3B	YES	NO	YES	YES	NO	NO
	4B	YES	NO	YES	YES	NO	NO
	5B	YES	NO	YES	YES	NO	NO
	6B	YES	NO	YES	YES	NO	NO
	7B	YES	NO	YES	YES	NO	NO
	8B	YES	NO	YES	YES	NO	NO



Caterpillar Power Generation Systems

Liner Joint Ring to install if Block is only machined

Station:	Electro Oriente	CPGS KTR:	KTR 207554	Date:	Aug. 6, 2012
Engine Type:	16CM32 C	Engine No:	51079	CPGS rep:	Paul Hopper

Cylinder		Maximum Depth Found BEFORE	Maximum Depth Found AFTER	Difference / Delta measurement	Joint Ring size required	Consideration has to be given depending of Machining of the original liners		
1	A1	0.61	2.20	1.59	1.7	Drawing Number 1.90.7-99.11.00-05	Dimension	Stock #
2	A2	0.66	2.20	1.54	1.7		x=1,7mm	193466128
3	A3	0.78	2.20	1.42	1.7		x=2,2mm	193466127
4	A4	0.62	2.20	1.58	1.7		x=2,7mm	263110132
5	A5	0.62	2.20	1.58	1.7			
6	A6	1.04	2.20	1.16	1.7			
7	A7	0.60	2.20	1.60	1.7			
8	A8	0.60	2.20	1.60	1.7			
9	B1	0.56	2.20	1.64	1.7			
	B2	0.45	2.20	1.75	1.7			
	B3	0.63	2.20	1.57	1.7			
	B4	0.74	2.20	1.46	1.7			
	B5	0.65	2.20	1.55	1.7	Note: Selection of the separation ring The selection of separation ring in relation with amount of material removed is very important to assure liner correct position vis-à-vis turning point of the first compression ring		
	B6	0.45	2.20	1.75	1.7			
	B7	0.46	2.20	1.74	1.7			
	B8	0.46	2.20	1.74	1.7			

measurements

Station:
Engine Type:

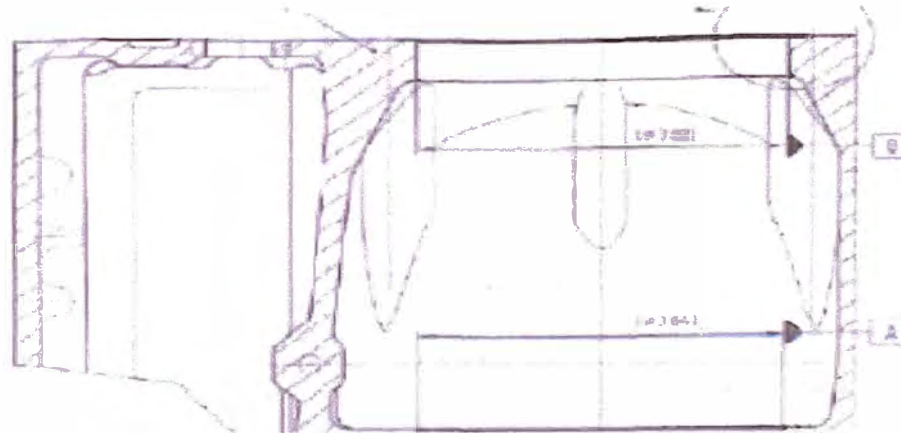
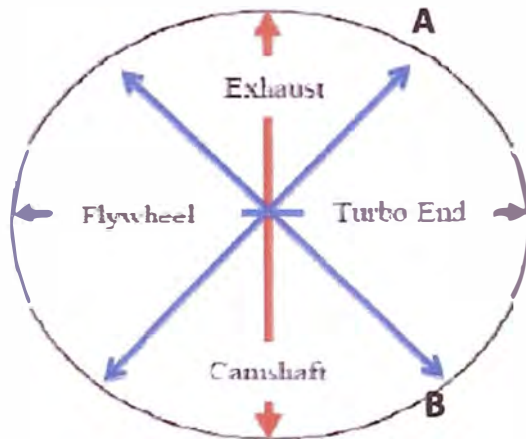
CPGS KTR:
Engine No:

Dat
CPGS rep.

Upper Diameter Reading (B) 388 +0.07 mm

Lower Diameter Reading (A) 384 +0.07 mm

Cylinder	Exh / Cam	/ Turbo	Di	nal A	Di	nal B	Exh / Cam	Fly	Turbo	Diagonal A	Diagonal B
1	A1										
2	A2										
3	A3										
4	A4										
5	A5										
6	A6										
7	A7										
8	A8										
9	B1										
	B2										
	B3										
	B4										
	B5										
	B6										
	B7										
	B8										



ANEXO 6.4

- Registro fotográfico de labores en el block.

Detalle fotográfico:

Personal especializado realiza maquinado de block



Herramienta para el Maquinado



Maquinado del upper liner diameter



Maquinado del lower liner diameter



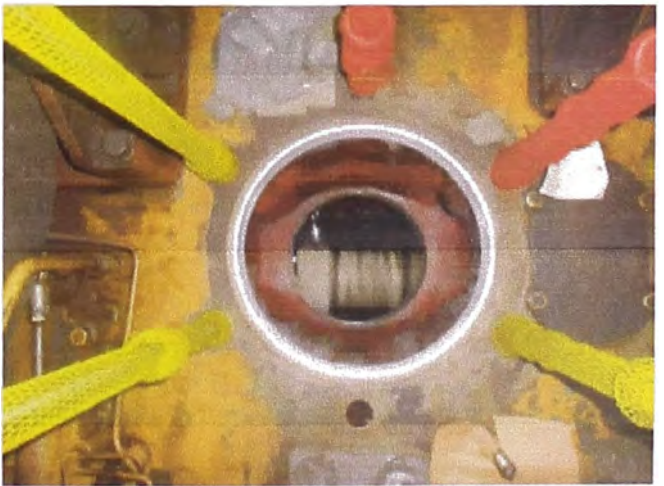
Uso de nitrógeno líquido



Instalación de insert rings



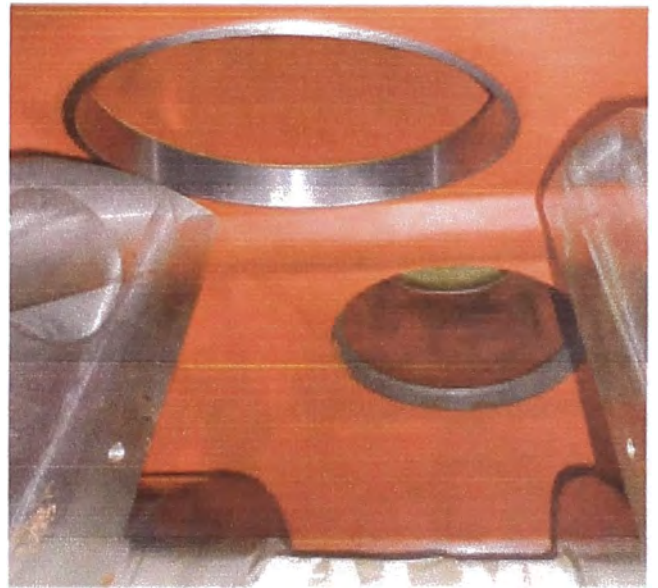
Insert rings instalados



Uso de nitrógeno líquido



Insert rings instalados



ANEXO 6.5

- Registro fotográfico de las labores en la cámara de distribución de agua de refrigeración.

Detalle fotográfico:

Instalación de cámaras de agua en el motor.



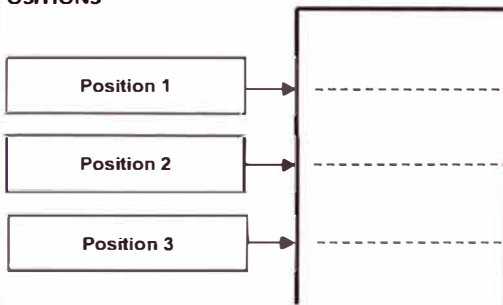
ANEXO 6.6

- Formato "Cylinder Liner Measurements".

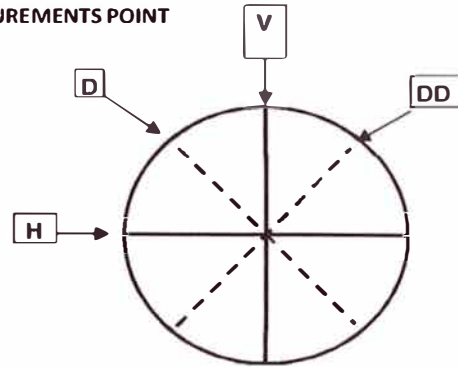
Station	Electro Oriente	CPGS KTR	KTR 207554	Date	Nov. 30, 2012
Engine Type	16CM32 C	Engine No.	51079	CPGS Report	P. Hopper

CYLINDER LINER MEASUREMENTS

POSITIONS



MEASUREMENTS POINT



Nominal Diameter of Cylinder line: 320.0+0.057 mm
Max. Diameter of Cylinder line: 320.0+0.700 mm

Cylin. No	Position 1				Position 2				Position 3			
	H1	D1	V1	DD1	H2	D2	V2	DD2	H3	D3	V3	DD3
A1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.055	0.05	0.05	0.05
A2	0.05	0.055	0.05	0.05	0.055	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
A3	0.05	0.05	0.05	0.05	0.055	0.05	0.05	0.055	0.05	0.05	0.05	0.05
A4	0.055	0.05	0.055	0.05	0.05	0.055	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.055
A5	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.055	0.05	0.05	0.055	0.05
A6	0.05	0.05	0.05	0.055	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
A7	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.055	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
A8	0.05	0.055	0.055	0.05	0.05	0.05	0.055	0.05	0.05	0.05	0.055	0.05
B1	0.055	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.055	0.05	0.05	0.055
B2	0.05	0.05	0.05	0.055	0.05	0.055	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
B3	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.055	0.05
B4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.055	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
B5	0.05	0.055	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
B6	0.055	0.05	0.05	0.055	0.05	0.055	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.055
B7	0.05	0.05	0.05	0.055	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
B8	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.055

Notes:

ANEXO 6.7

- Registro fotográfico de labores en las camisas.

Instalación de camisas en el motor



ANEXO 6.8

- Registro fotográfico labores en bielas.

Detalle fotográfico:

Bielas nuevas, limpieza e inspección.



ANEXO 6.9

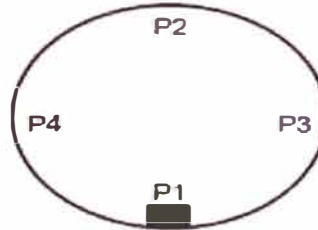
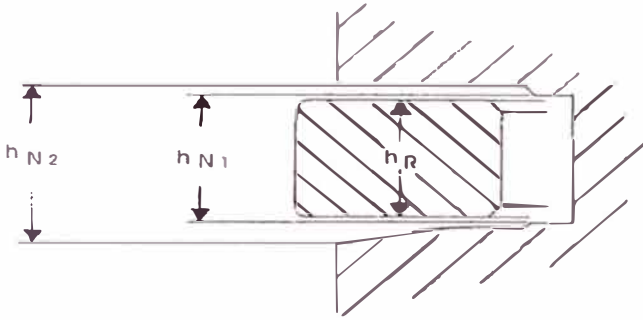
- Formato "Piston Measurements".

Station	Electro Oriente	CPGS KTR	KTR 207554	Date	Nov. 30, 2012
Engine Type	16CM32 C	Engine No.	51079	CPGS Report	P. Hopper

PISTON MEASUREMENTS

POSITIONS

MEASUREMENTS POINT



Nominal Groove width (h N2): 8.45 mm
Limit Groove width (h N2): +/- 0.5 mm

Piston No	Groove Fire				Groove Compresio				Groove Oil Scraper			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
A1	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45
A2	8.45	8.45	8.44	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.44
A3	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45
A4	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.44	8.44	8.45	8.45	8.44	8.45
A5	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.44	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45
A6	8.45	8.45	8.45	8.45	8.44	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45
A7	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45
A8	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.44	8.45	8.45
B1	8.45	8.44	8.45	8.44	8.45	8.44	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45
B2	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.44	8.45	8.45	8.45	8.45
B3	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.44	8.45	8.45	8.45
B4	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.44	8.44
B5	8.45	8.45	8.44	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45
B6	8.44	8.44	8.45	8.44	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45
B7	8.45	8.45	8.45	8.45	8.44	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45
B8	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45

Notes: _____

ANEXO 6.10

- Registro fotográfico de labores realizadas en los pistones

Detalle fotográfico:

Pistones nuevos, limpieza



Instalación de pistón en el motor.

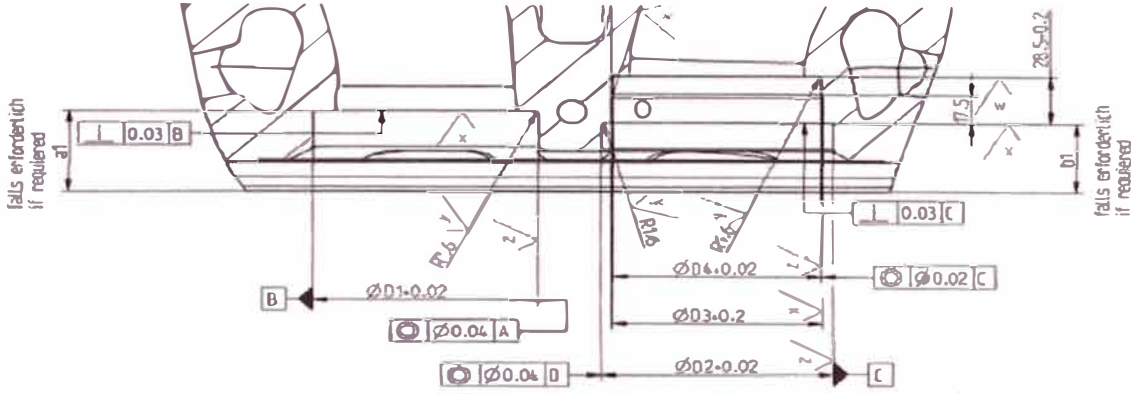


ANEXO 6.11

- Formato "Cylinder Head Seats".

Station	Electro Oriente	CPGS KTR	KTR 207554	Date	Nov. 30, 2012
Engine Type	16CM32 C	Engine No.	51079	CPGS Report	P. Hopper

CYLINDER HEAD SEATS



Oversize to nominal size mm
0.0
0.5
1.0
1.5

Bore ØD1 -0.02	if required a1 -0.2	Valve seat insert Ømm -0.02
112	50	112.13
112.5	50.2	112.63
113	50.2	113.13
113.5	50.2	113.63

Cyl. Head No	Cyl. Head Serial	Seat Housing Intake "Exhaust side" Measuring (mm)	Seat Housing Intake "Intake side" Measuring (mm)	Comments
A1	0235	112.01	112.01	-
A2	0378	112.01	112.01	-
A3	0023	112.01	112.01	-
A4	0128	112.01	112.01	-
A5	1239	112.01	112.01	-
A6	1203	112.01	112.01	-
A7	0465	112.01	112.01	-
A8	0043	112.01	112.01	-
B1	0045	112.01	112.01	-
B2	0098	112.09	112.10	To machining shop
B3	0522	112.10	112.08	To machining shop
B4	0094	112.11	112.09	To machining shop
B5	0502	112.09	112.11	To machining shop
B6	1441	112.08	112.10	To machining shop
B7	0436	112.10	112.09	To machining shop
B8	1205	112.01	112.01	-

Notes: _____

ANEXO 6.12

- **Reporte de Inspección - Ferreyros.**

REPORTE DE INSPECCIÓN

Datos Generales:

Cliente:	ORVISA S.A.		
Número de OT C :	IQ08362	Inspector :	Roberto Tufino
Modelo Maquina :	16CM32	Serie :	51079
Número de OT TR :		Fecha :	04 – Set.-2012
Hodómetro :			

Item.	Cant.	Pieza	N/P
01	01	HEAD AS CYLINDER	9.2107-NN

*HEAD AS CYLINDER [9.2107-NN] PPTO

- Realizar prueba de partículas magnéticas
- Pulir diámetros internos guía de válvula de admisión Ø44 mm. (remover corrosión con brush)
- Habilitar dispositivo de alineamiento Ø3 1/2" x 14" (maquinar escalonado; Ø ext. 45 x 340 mm y Ø ext 85 x 13 mm.)
- Efectuar montaje y nivelar para alinear alojamiento de insertos de válvula de Admisión con respecto a guía de válvula según dispositivo
- Maquinar 1 alojamiento de inserto de válvula de admisión a Ø 113 mm. x altura de 22 mm.
- Remover 1 dowel
- Habilitar una barra porta cuchilla para maquinado
- Maquinar a Oversize 01 diámetro interno en alojamiento de guía de válvula Ø 45,00 x 175,00 mm

Item.	Cant.	Pieza	N/P
02	01	HEAD AS CYLINDER	9.2107-NN

- Realizar prueba de partículas magnéticas
- Pulir diámetros internos guía de válvula de admisión Ø44 mm. (remover corrosión con brush)
- Habilitar dispositivo de alineamiento Ø3 1/2" x 14" (maquinar escalonado; Ø ext. 44 x 340 mm y Ø ext 85 x 13 mm.)
- Efectuar montaje y nivelar para alinear alojamiento de insertos de válvula de Admisión con respecto a guía de válvula según dispositivo
- Maquinar 2 alojamientos de inserto de válvula de admisión a Ø 113 mm. x altura de 22 mm. (según especificaciones proporcionados por el cliente)

Item.	Cant.	Pieza	N/P
03	01	HEAD AS CYLINDER	9.2107-NN

- Realizar prueba de partículas magnéticas
- Pulir diámetros internos guía de válvula de admisión Ø44 mm. (remover corrosión con brush)
- Efectuar montaje y nivelar para alinear alojamiento de insertos de válvula de Admisión con respecto a guía de válvula según dispositivo
- Maquinar 2 alojamientos de inserto de válvula de admisión a Ø 113 mm. x altura de 22 mm. (según especificaciones proporcionados por el cliente)

Item.	Cant.	Pieza	N/P
04	01	HEAD AS CYLINDER	9.2107-NN

- Realizar prueba de partículas magnéticas
- Pulir diámetros internos guía de válvula de admisión Ø44 mm. (remover corrosión con brush)
- Efectuar montaje y nivelar para alinear alojamiento de insertos de válvula de Admisión con respecto a guía de válvula según dispositivo
- Maquinar 2 alojamientos de inserto de válvula de admisión a Ø 113 mm. x altura de 22 mm. (según especificaciones proporcionados por el cliente)

Item.	Cant.	Pieza	N/P
05	01	HEAD AS CYLINDER	9.2107-NN

- Realizar prueba de partículas magnéticas
- Evaluar profundidad de fisura por Ultrasonido, borde en superficie de combustión.
- Pulir diámetros internos guía de válvula de admisión Ø44 mm. (remover corrosión con brush)
- Efectuar montaje y nivelar para alinear alojamiento de insertos de válvula de Admisión con respecto a guía de válvula según dispositivo
- Maquinar 2 alojamientos de inserto de válvula de admisión a Ø 113 mm. x altura de 22 mm. (según especificaciones proporcionados por el cliente)

Item.	Cant.	Pieza	N/P
06	01	HEAD AS CYLINDER	9.2107-NN

- Realizar prueba de partículas magnéticas
 - Pulir diámetros internos guía de válvula de admisión Ø44 mm. (remover corrosión con brush)
 - Habilitar dispositivo de alineamiento Ø3 1/2" x 14" (maquinar escalonado; Ø ext. 44 x 340 mm y Ø ext 85 x 13 mm.)
 - Efectuar montaje y nivelar para alinear alojamiento de insertos de válvula de Admisión con respecto a guía de válvula según dispositivo
 - Maquinar 2 alojamientos de inserto de válvula de admisión a Ø 113 mm. x altura de 22 mm. (Según especificaciones proporcionados por el cliente)
- NOTA.- Los 02 alojamientos de inserto de válvulas se maquinaron a siguiente Over, según coordinaciones con cliente

Registro de Medición		
Medida Nominal	Medida Actual	Observaciones
50,00 +0,2 /-0	50,06/10	Rectificar a Overzise, alojamientos de inserto
112,00 +0,02 /-0		Presenta desgaste en alojamientos de inserto Admisión

OT Proyecto FSAA	
OT CRC	

1.- DATOS GENERALES

Cliente	Orvisa S.A.	OT Cliente	IQ08362
Contacto	Leonardo Pérez Choquez	Gula Remisión N°	
Teléfono/Fax	965919471/380223	Fecha	03-09-12

2.- DATOS DE LA MAQUINA O MOTOR

		N° Interno Equipo		
Unidad	Modelo	Serie	Arreglo	Horas Operación
Máquina				
Motor	16CM32	51078		60,000

3.- SERVICIO SOLICITADO

<input type="checkbox"/> TEST IRON		Persona que solicita	Leonardo Pérez Choquez	
SERVICIO	MODALIDAD	ATENCIÓN	CARGO	ANÁLISIS FALLA
<input type="checkbox"/> GENERAL	<input type="checkbox"/> NORMAL	<input type="checkbox"/> DIRECTA <input type="checkbox"/> PARALELA <input type="checkbox"/> PRESUPUESTO <input type="checkbox"/> TARIFA FUA	<input type="checkbox"/> CUENTE <input type="checkbox"/> MARC/PROY FSAA <input type="checkbox"/> PIC/REPUESTOS FSAA	<input type="checkbox"/> SIN AFA <input type="checkbox"/> CON AFA
	<input type="checkbox"/> RECLAMO (Cliente cubre diferencia para Reparación TOTAL)	<input type="checkbox"/> PARALELA <input type="checkbox"/> PRESUPUESTO (Espera definc)	<input type="checkbox"/> CRC <input type="checkbox"/> FABRICA <input type="checkbox"/> MARC/PROY FSAA <input type="checkbox"/> PIC/REPUESTOS FSAA	<input type="checkbox"/> CON AFA
<input checked="" type="checkbox"/> PARCIAL (Leer instrucciones especiales)	<input checked="" type="checkbox"/> NORMAL (Meda Vida)	<input type="checkbox"/> DIRECTA <input type="checkbox"/> PARALELA <input type="checkbox"/> PRESUPUESTO <input type="checkbox"/> TARIFA FUA	<input checked="" type="checkbox"/> CUENTE <input type="checkbox"/> MARC/PROY FSAA	<input checked="" type="checkbox"/> SIN AFA <input type="checkbox"/> CON AFA
	<input type="checkbox"/> RECLAMO (Reparar solo falla)	<input type="checkbox"/> PARALELA <input type="checkbox"/> PRESUPUESTO (Espera definc)	<input type="checkbox"/> CRC <input type="checkbox"/> FABRICA <input type="checkbox"/> MARC/PROY FSAA <input type="checkbox"/> PIC/REPUESTOS FSAA	<input type="checkbox"/> CON AFA
<input type="checkbox"/> LIMPIEZA Y/O EVALUACION	<input type="checkbox"/> NORMAL	<input type="checkbox"/> DIRECTA <input type="checkbox"/> PARALELA <input type="checkbox"/> PRESUPUESTO	<input type="checkbox"/> CUENTE <input type="checkbox"/> MARC/PROY FSAA <input type="checkbox"/> PIC/REPUESTOS FSAA	<input type="checkbox"/> SIN AFA <input type="checkbox"/> CON AFA
	<input type="checkbox"/> RECLAMO (Cliente cubre diferencia para Reparación TOTAL)	<input type="checkbox"/> PARALELA <input type="checkbox"/> PRESUPUESTO (Espera definc)	<input type="checkbox"/> CRC <input type="checkbox"/> FABRICA <input type="checkbox"/> MARC/PROY FSAA <input type="checkbox"/> PIC/REPUESTOS FSAA	<input type="checkbox"/> CON AFA
<input type="checkbox"/> ARMADO <input type="checkbox"/> VESTIDO <input type="checkbox"/> DESACOPLE / ACOPLA <input type="checkbox"/> PRUEBA	<input type="checkbox"/> NORMAL	<input type="checkbox"/> DIRECTA <input type="checkbox"/> PARALELA <input type="checkbox"/> PRESUPUESTO	<input type="checkbox"/> CUENTE <input type="checkbox"/> MARC/PROY FSAA <input type="checkbox"/> PIC/REPUESTOS FSAA	<input type="checkbox"/> SIN AFA

TIPO DE REPARACION	<input checked="" type="checkbox"/> ANTES DE FALLA (Preventivo (H/As compódas) Predictivo (Monitoreo Condic))	<input type="checkbox"/> DESPUES DE FALLA (Correct)	<input type="checkbox"/> OTRO (Armado / vestido / prueba / desacople / acople, etc)	NECESIDAD DEL COMPONENTE	<input type="checkbox"/> Programado (Plan Maestro) <input type="checkbox"/> Máquina Parada - Emergencia <input type="checkbox"/> Máquina Operando con Falla	<input type="checkbox"/> PIC (Programa de Intercambio) Para Stand by
---------------------------	---	---	--	---------------------------------	---	---

INSTRUCCIONES ESPECIALES

Devolución FSAA Componente FEE Deschegar Pzas Fuera/serv Reparado en otro taller FSAA Proteger VCI

Detalle **MAQUINADO DE ALOJAMIENTOS DE LOS INSERTOS DE VALVULAS DE ADMISION - CULATAS MAK 16CM32**

4.- DATOS EN CASO DE RECLAMO O REPARACION CON AFA

OT Reparación Anterior: _____ Fecha Entrega o instalac.: _____

5.- DOCUMENTOS ADJUNTOS

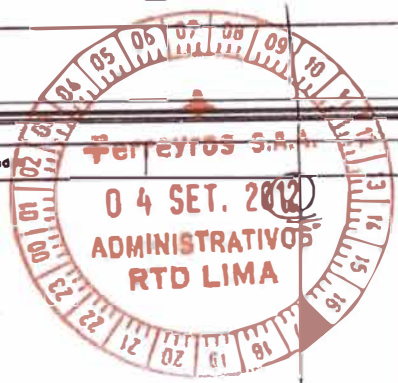
Informe Técnico de Campo SOS Pre-AFA Mgniz Cambios (Transmisión) CIC (Comprob Instalac Compon)

Fotografías

Otros: E-mails anteriores, fotos e información enviada al TR.

6.- COMPONENTE ENVIADO AL C.R.C.

Cant	Descripción	Horas trabajad
6	Culatas N° Partel Serie: 9.2107 - NN	
	Código FSAA	
	N° Base Metálica	



Observaciones (Uso exclusivo Recepción CRC):
NOTA CADA CULATA LLEGO EN SU CAJA DE MADERA.

7.- FIRMAS

	Responsable del Despacho Ferreyros S.A.A.	Responsable de Recepción Ferreyros S.A.A. - CRC
Nombre: Leonardo Pérez - ORVISA	Nombre Código	Nombre Código

8.- DATOS DEL TRANSPORTISTA

Nombre: ESI CARGO (RUC. 20493021683)
Placa: _____
Fecha: 03/09/2012
Firma: _____

125209

ANEXO 6.13

- Formato "Cylinder Head".



Caterpillar Power Generation Systems

CPGS Product Support

Service Report

Caterpillar: Non-Confidential

Station	Electro Oriente	CPGS KTR	KTR 207554	Date	Nov. 30, 2012
Engine Type	16CM32 C	Engine No.	51079	CPGS Report	P. Hopper

CYLINDER HEAD

CYLINDER HEADS, MAJOR PART REPLACED

CYLINDER HEAD	OBSERVATION	INLET VALVE STEM	EXH VALVE STEM	INLET VALVE INSERT	EXH VALVE INSERT	INLET VALVE GUIDE	EXH VALVE GUIDE	SLEEVE	VALVE SPINDLE	VALVE ROCKER BUSH
A1	-	2	2	2	2	2	2	1	1	2
A2	-	2	2	2	2	2	2	1	1	2
A3	-	2	2	2	2	2	2	1	1	2
A4	-	2	2	2	2	2	2	1	1	2
A5	-	2	2	2	2	2	2	1	1	2
A6	-	2	2	2	2	2	2	1	1	2
A7	-	2	2	2	2	2	2	1	1	2
A8	-	2	2	2	2	2	2	1	1	2
B1	-	2	2	2	2	2	2	1		2
B2	MACHINING	2	2	2	2	2	2	1		2
B3	MACHINING	2	2	2	2	2	2	1		2
B4	MACHINING	2	2	2	2	2	2	1		2
B5	MACHINING	2	2	2	2	2	2	1		2
B6	MACHINING	2	2	2	2	2	2	1		2
B7	MACHINING	2	2	2	2	2	2	1		2
B8	REPLACED	2	2	2	2	2	2	1		2
	TOTAL	32	32	32	32	32	32	16	8	32

Notes:

ANEXO 6.14

- Formato "Cylinder Head Hidrostatic Test".



Caterpillar Power Generation Systems

CPGS Product Support
Service Report
Caterpillar: Non-Confidential

Station	Electro Oriente	CPGS KTR	KTR 207554	Date	Nov. 30, 2012
Engine Type	16CM32 C	Engine No.	51079	CPGS Report	P. Hopper

CYLINDER HEAD

HIDROSTATIC TEST

Cyl. Head No	Cyl. Head Serial	Air Test Pressure	Time Test	Comments
A1	0235	6 bar	20 min.	ok
A2	0378	6 bar	20 min.	ok
A3	0023	6 bar	20 min.	ok
A4	0128	6 bar	20 min.	ok
A5	1239	6 bar	20 min.	ok
A6	1203	6 bar	20 min.	ok
A7	0465	6 bar	20 min.	ok
A8	0043	6 bar	20 min.	ok
B1	0045	6 bar	20 min.	ok
B2	0098	6 bar	20 min.	ok
B3	0522	6 bar	20 min.	ok
B4	0094	6 bar	20 min.	ok
B5	0502	6 bar	20 min.	ok
B6	1441	6 bar	20 min.	ok
B7	0436	6 bar	20 min.	ok
B8	1205	6 bar	20 min.	ok

Notes: _____

Caterpillar: Non-Confidential

ANEXO 6.15

- Registro fotográfico labores en culatas

Prueba hidrostática de las culatas, instalación de la herramienta



Registro de la presión de prueba hidrostática



Acondicionamiento de culata



Culata instalada en el motor



ANEXO 6.16

- Formato "Camshaft".

Station	Electro Oriente	CPGS KTR	KTR 207554	Date	Nov. 30, 2012
Engine Type	16CM32 C	Engine No.	51079	CPGS Report	P. Hopper

CAMSHAFT - A,B SIDE

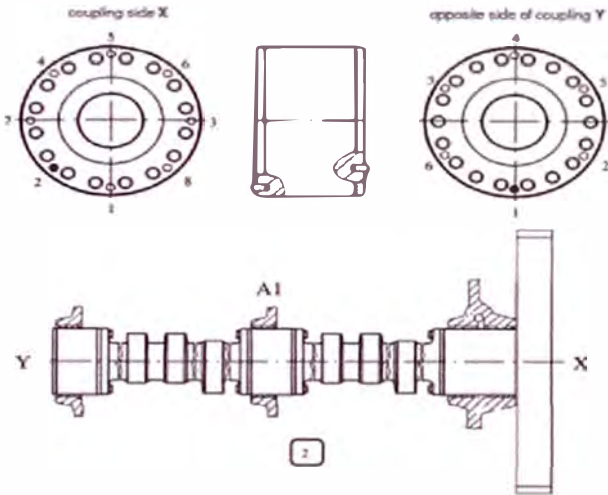
Cylinder row A

Bearing journal number	Pin in bore	
	coupling side X	opposite side of coupling Y
A1	2	1
A2	3	1
A3	4	1
A4	5	1
A5	6	1
A6	7	1
A7	8	1
A8	1	-

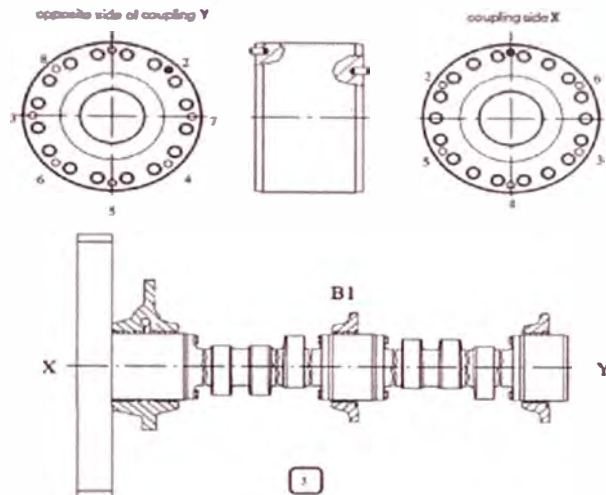
Cylinder row B

Bearing journal number	Pin in bore	
	coupling side X	opposite side of coupling Y
B1	1	2
B2	1	2
B3	1	4
B4	1	5
B5	1	6
B6	1	7
B7	1	8
B8	1	-

Bearing Journal A1



Bearing Journal B1



Cylinder row A side

Bearing Journal number	Pin in bore		Obs.
	Coupling side x	opposite side of coupling Y	
A1	2	1	ok
A2	3	1	ok
A3	4	1	ok
A4	5	1	ok
A5	6	1	ok
A6	7	1	ok
A7	8	1	ok
A8	1	-	ok

Cylinder row B side

Bearing Journal number	Pin in bore		Obs.
	Coupling side x	opposite side of coupling Y	
B1	1	2	ok
B2	1	3	ok
B3	1	4	ok
B4	1	5	ok
B5	1	6	ok
B6	1	7	ok
B7	1	8	ok
B8	1	-	ok

Notes: _____

ANEXO 6.17

- Registro fotográfico labores en eje de levas.

Detalle fotográfico:

Desmontaje de tramos de eje de levas e instalación de cojinetes.

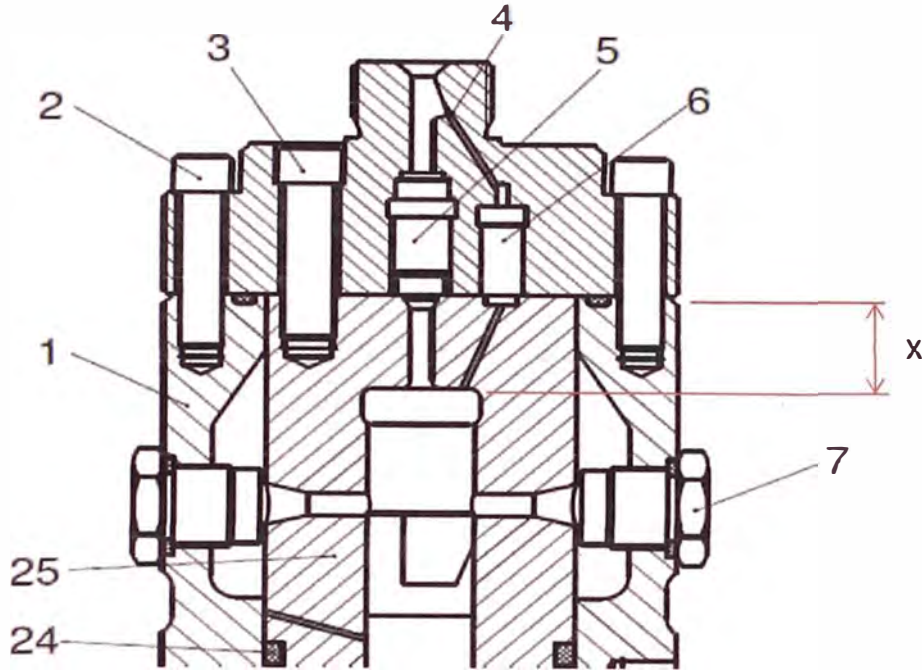


ANEXO 6.18

- Formato "Fuel injection pump".

Station	Electro Oriente	CPGS KTR	KTR 207554	Date	Nov. 30, 2012
Engine Type	16CM32 C	Engine No.	51079	CPGS Report	P. Hopper

FUEL INYECCIÓN PUMP



Pump No	Idle Stroke (mm)	Idle Stroke Measuring (mm)	Comments
A1	6.0 mm	6.0 mm	-
A2	6.0 mm	6.0 mm	-
A3	6.0 mm	6.0 mm	-
A4	6.0 mm	6.0 mm	-
A5	6.0 mm	6.0 mm	-
A6	6.0 mm	6.0 mm	-
A7	6.0 mm	6.0 mm	-
A8	6.0 mm	6.0 mm	-
B1	6.0 mm	6.0 mm	-
B2	6.0 mm	6.0 mm	-
B3	6.0 mm	6.0 mm	-
B4	6.0 mm	6.0 mm	-
B5	6.0 mm	6.0 mm	-
B6	6.0 mm	6.0 mm	-
B7	6.0 mm	6.0 mm	-
B8	6.0 mm	6.0 mm	-

Notes: _____

ANEXO 6.19

- Registro fotográfico labores en bombas de inyección

Detalle fotográfico: Verificación del timing de bombas de inyección

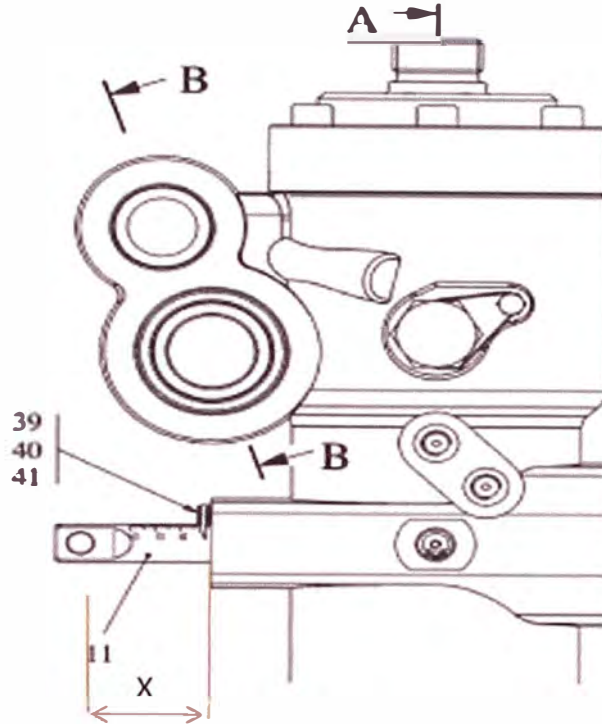


ANEXO 6.20

- Formato "Fuel injection pump rack position".

Station	Electro Oriente	CPGS KTR	KTR 207554	Date	Nov. 30, 2012
Engine Type	16CM32 C	Engine No.	51079	CPGS Report	P. Hopper

FUEL INYECCIÓN PUMP RACK POSITION



Pump No	Rack Position at rated power (mm)	Rack Position at no load (mm)	Comments
A1	41 mm	10 mm	ok
A2	41 mm	10 mm	ok
A3	41 mm	10 mm	ok
A4	40 mm	10 mm	ok
A5	41 mm	10 mm	ok
A6	40 mm	10 mm	ok
A7	41 mm	10 mm	ok
A8	41 mm	10 mm	ok
B1	41 mm	10 mm	ok
B2	40 mm	10 mm	ok
B3	40 mm	10 mm	ok
B4	41 mm	10 mm	ok
B5	40 mm	10 mm	ok
B6	40 mm	10 mm	ok
B7	40 mm	10 mm	ok
B8	41 mm	10 mm	ok

Notes: _____

ANEXO 6.21

- Registro fotográfico en bombas de inyección/Cremalleras.

Registro fotográfico.



ANEXO 6.22

- Reporte ABB turbocompresor Lado A
- Reporte ABB turbocompresor Lado B



Service Report ABB Turbochargers

ABB S.A.
ATPA / Turbocharging
Av. Argentina 3120
Apartado Postal, Lima 100
Peru

Phone: +51 1 415 5100
Fax: +51 1 561 3040
Email: turbo@pe.abb.com
www.abb.com/turbocha in

Service report no.:	R117765901	Service job no.:	1177659	Service station order no.:	1245023000	Reported by:	Solsol
C serial no.:	HT432326	Place of job:	IQUITOS	Date of job:	2012.12.04	Reason for work:	OVERHAUL
C type:	TPL65-A30	TC position:		Type of installation:	POWER STATION	Old TC serial no.:	
Plant/Vessel:	P.ST.IQUITOS	IMO no.:	P002101	rpm:	750	Power kW:	7680
Engine Builder:	MAK	Engine Type:	16M32	Fuel Type:	HEAVY FUEL	Engine running hours:	62278
Siko parts exchanged?:	yes: <input checked="" type="checkbox"/> no: <input type="checkbox"/>	Specification changed?:	yes: <input checked="" type="checkbox"/> no: <input type="checkbox"/>	Reason for specification change:			
Compr./Impeller		Shaft:		COMPRESSOR AND TURBINE WHEEL CHANGED BY SIKO, INSTALLED NEW ROTOR DESIGN.			
Old MP-No.:	BD8941	Old MP-No.:	AL7465				
New MP-No.:	GS1014	New MP-No.:	GF5642				

Signed on behalf of the owner:

Place and date: IQUITOS, 2013.01.16

Name:

Leonardo Perez Ingeniero de Servicios
16/01/2013

2013.01.16 / 23-43-03

The above signee acknowledges that the content of this Service Report is for ABB Turbocharging Services internal use only.

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.
© 2007, ABB Turbo Systems Ltd, all rights reserved.



Service Report ABB Turbochargers

ABB S.A.
ATPA / Turbocharging
Av. Argentina 3120
Apartado Postal, Lima 100
Peru

Phone: +51 1 415 5100
Fax: +51 1 561 3040
Email: turbo@pe.abb.com
www.abb.com/turbocharging

Work on individual turbocharger parts:

		exchanged		repaired/ balanced	cleaned/ inspected
		same spec.	new spec.		
Motor complete:					
Compressor complete:					
Pumps:					
Turbine:	shaft	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	blades				
	damping wire	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	nozzle ring / VTG	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	cover ring / t-diffuser	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Compressor:	compressor / impeller	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	inducer				
	diffuser	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	insert wall	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rings:	radial bearing t/e	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	radial bearing c/e	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	axial bearing	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	auxiliary bearing	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Casings:	gas inlet casing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	gas outlet casing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	turbine casing				
	bearing casing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	silencer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Clearances / Distances:

	before	after
A:	_____	0,41
	_____	_____
	_____	_____

Remarks:

SERVICIO DE MANTENIMIENTO COMPLETO AL TURBOCOMPRESOR, SE REALIZO EL CAMBIO DEL ROTOR TURBINA Y COMPRESORA POR SIKO, SE INSTALARON EL NUEVO DISENO KW20 - KV13.

SE INSTALARON LOS SIGUIENTES REPUESTOS NUEVOS:

- ROTOR TURBINA (21000)- NUEVO DISENO
- RUEDA COMPRESORA (25000) - NUEVO DISENO
- PARED INTERMEDIA (43001) - NUEVO DISENO
- PARED INSERTADA (77000) - NUEVO DISENO
- COVER TURBINA (42015) - NUEVO DISENO
- SPARE PART SET 1 - KIT 97070 - NUEVO DISENO
- SPARE PART SET 2 - KIT 97075 - NUEVO DISENO
- SPARE PART SET 5 - KIT 97081 - NUEVO DISENO
- SPARE PART SET 6 - KIT 97084 - NUEVO DISENO
- TURBINE DIFFUSER (63000)
- NOZZLE RING (56001)

LOS TRABAJOS SE CULMINARON EL 15 DE ENERO 2013 Y SE REALIZARON EN LAS INSTALACIONES DE ELECTRO ORIENTE- IQUITOS.

(e.g.: condition, possible reasons for damage, parts changed by crew, cleaning method/details)

Signature on behalf of the owner:

Place and date: IQUITOS, 2013.01.16

Name:

Leonardo Perez Ingeniero de Servicios
APC 16/01/2013

2013 01 16 / 23 43 03

The above signee acknowledges that the content of this Service Report is for ABB Turbocharging Services internal use only.

ABB Turbocharging Services reserves all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.
© 2007, ABB Turbo Systems Ltd, all rights reserved.



Delivery Note ABB Turbochargers

ABB S.A.
ATPA / Turbocharging
Av. Argentina 3120
Apartado Postal, Lima 100
Peru

Phone: +51 1 415 5100
Fax: +51 1 561 3040
Email: turbo@pe.abb.com
www.abb.com/turbocha in

Service job no.: 1177659	TC serial no.: HT432326	TC type: TPL65-A30	Date: 2012.12.04
Plant/Vessel: P.ST.IQUITOS	Customer order no.: FOR000402	Service station order no.: 1245023000	

Part no.:	Description:	Quantity:
21000	Bladed Shaft	1
5000	Comp. Wheel	1
32107	Bearing Bush	1
43001	Partition Wall	1
56001	Nozzle Ring	1
63000	Turbine Diffuser	1
7000	Wall Insert	1
79000	Diffuser,complete	1
97070	Kit 1: Cleaning	1
97075	Kit 2: Bearing Inspection	1
97081	Kit 3R: Bearing Change Radial	1
97084	Kit 3A: Bearing Change Axial	1

igned on behalf of the owner:

lace and date: IQUITOS, 2013.01.16

Name:

Leonardo Perez Ing. de Servicios *[Signature]* 16/01/13

20130116/23:50:31

he above signee acknowledges that the content of this Delivery Note is for ABB Turbocharging Services internal use only.



Service Report ABB Turbochargers

ABB S.A.
ATPA / Turbocharging
Av. Argentina 3120
Apartado Postal, Lima 100
Peru

Phone: +51 1 415 5100
Fax: +51 1 561 3040
Email: turbo@pe.abb.com
www.abb.com/turbocha in

Service report no.:	R117765902	Service job no.:	1177659	Service station order no.:	1245023000	Reported by:	Solsol
TC serial no.:	HT432327	Place of job:	IQUITOS	Date of job:	2012.12.04	Reason for work:	OVERHAUL
TC type:	TPL65-A30	TC position:		Type of installation:	POWER STATION	Old TC serial no.:	
Plant/Vessel:	P.ST.IQUITOS	IMO no.:	P002101	rpm:	750	Power kW:	7680
Engine Builder:	MAK	Engine Type:	16M32	Fuel Type:	HEAVY FUEL	Engine running hours:	62278
Siko parts exchanged?:	yes: <input checked="" type="checkbox"/> no: <input type="checkbox"/>	Compr./Impeller	Shaft:	Specification changed?:	yes: <input checked="" type="checkbox"/> no: <input type="checkbox"/>	Reason for specification change:	COMPRESSOR AND TURBINE WHEEL CHANGED BY SIKO, INSTALLED NEW ROTOR DESIGN.
Old MP-No.:	BD9045	Old MP-No.:	AL7466				
New MP-No.:	GS1007	New MP-No.:	GF5686				

Signed on behalf of the owner:

Place and date: IQUITOS, 2013.01.16

Name:

Leonardo Pavez Jesus de Servicios *[Signature]* 16/01/2013

2013.01.16 / 23:49:06

The above signee acknowledges that the content of this Service Report is for ABB Turbocharging Services internal use only.

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.
© 2007, ABB Turbo Systems Ltd, all rights reserved.



Service Report ABB Turbochargers

ABB S.A.
ATPA / Turbocharging
Av. Argentina 3120
Apartado Postal, Lima 100
Peru

Phone: +51 1 415 5100
Fax: +51 1 561 3040
Email: turbo@pe.abb.com
www.abb.com/turbocha in

Work on individual turbocharger parts:		exchanged		repaired/ balanced	cleaned/ inspected
		same spec.	new spec.		
Rotor complete:					
Cartridge complete:					
Oil pumps:					
Turbine:	shaft	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	blades				
	damping wire	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	nozzle ring / VTG	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	cover ring / t-diffuser	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Compressor:	compressor / impeller inducer	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	diffuser	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	insert wall	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bearings:	radial bearing t/e	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	radial bearing c/e	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	axial bearing	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	auxiliary bearing	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Casings:	gas inlet casing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	gas outlet casing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	turbine casing				
	bearing casing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	silencer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Clearances / Distances:	
before	after
A:	0,39

Remarks:

SERVICIO DE MANTENIMIENTO COMPLETO AL TURBOCOMPRESOR, SE REALIZO EL CAMBIO DEL ROTOR TURBINA Y COMPRESORA POR SIKO, SE INSTALARON EL NUEVO DISENO KW20 - KV13.
SE INSTALARON LOS SIGUIENTES REPUESTOS NUEVOS:

- ROTOR TURBINA (21000)- NUEVO DISENO
- RUEDA COMPRESORA (25000) - NUEVO DISENO
- PARED INTERMEDIA (43001) - NUEVO DISENO
- PARED INSERTADA (77000) - NUEVO DISENO
- COVER TURBINA (42015) - NUEVO DISENO
- SPARE PART SET 1 - KIT 97070 - NUEVO DISENO
- SPARE PART SET 2 - KIT 97075 - NUEVO DISENO
- SPARE PART SET 5 - KIT 97081 - NUEVO DISENO
- SPARE PART SET 6 - KIT 97084 - NUEVO DISENO
- TURBINE DIFFUSER (63000)
- NOZZLE RING (56001)

LOS TRABAJOS SE REALIZARON EN LAS INSTALACIONES DE C.T IQUITOS

LOS TRABAJOS SE CULMINARON EL 15 DE ENERO 2013 Y SE REALIZARON EN LAS INSTALACIONES DE ELECTRO ORIENTE- IQUITOS.

(e.g.: condition, possible reasons for damage, parts changed by crew, cleaning method/details)

Signed on behalf of the owner:

Place and date: IQUITOS, 2013.01.16 Name: *Leonardo Pavez Inca de Servicios* 16/01/2013

2013 01.16 / 23:49:06

The above signee acknowledges that the content of this Service Report is for ABB Turbocharging Services internal use only.

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

Page 2 / 1

© 2007, ABB Turbo Systems Ltd, all rights reserved.



Delivery Note

ABB Turbochargers

ABB S.A.
 ATPA / Turbocharging
 Av. Argentina 3120
 Apartado Postal, Lima 100
 Peru

Phone: +51 1 415 5100
 Fax: +51 1 561 3040
 Email: turbo@pe.abb.com
 www.abb.com/turbocharging

Service job no.: 1177659	TC serial no.: HT432327	TC type: TPL65-A30	Date: 2012.12.04
Plant/Vessel: P.ST.IQUITOS		Customer order no.: FOR000402	Service station order no.: 1245023000

Part no.:	Description:	Quantity:
21000	Bladed Shaft	1
25000	Comp. Wheel	1
32107	Bearing Bush	1
43001	Partition Wall	1
56001	Nozzle Ring	1
63000	Turbine Diffuser	1
77000	Wall Insert	1
79000	Diffuser,complete	1
97070	Kit 1: Cleaning	1
97075	Kit 2: Bearing Inspection	1
97081	Kit 3R: Bearing Change Radial	1
97084	Kit 3A: Bearing Change Axial	1

Signed on behalf of the owner:

Place and date: IQUITOS, 2013.01.16

Name:

Leonardo Perez Trujillo de Servicio A.P.C. IC/01/013

2013.01.16 / 23:51:59

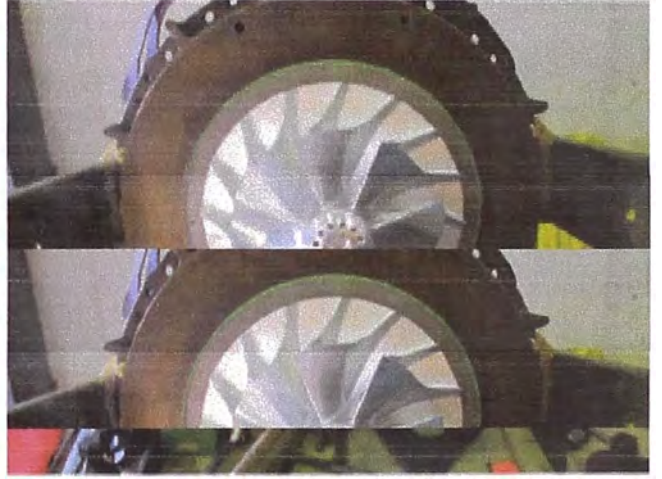
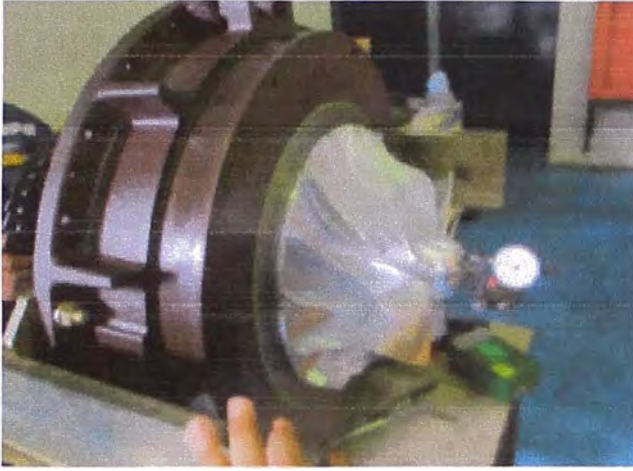
The above signee acknowledges that the content of this Delivery Note is for ABB Turbocharging Services internal use only.

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.
 © 2007, ABB Turbo Systems Ltd, all rights reserved.

ANEXO 6.23

- Registro fotográfico labores en turbocompresores

Instalación de rotores nuevos de turbocompresores



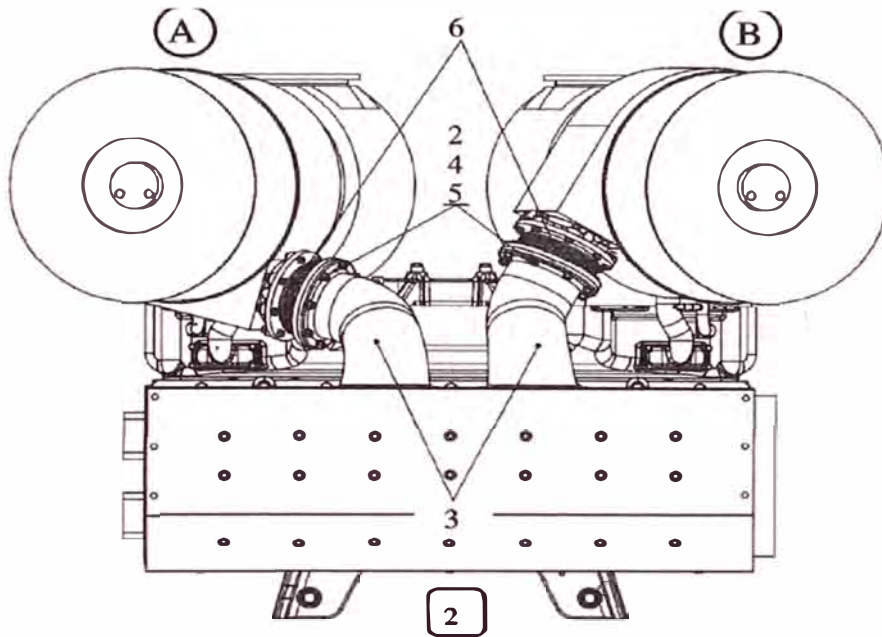
ANEXO 6.24

- Formato "Aftercooler".

Station	Electro Oriente	CPGS KTR	KTR 207554	Date	Nov. 30, 2012
Engine Type	16CM32 C	Engine No.	51079	CPGS Report	P. Hopper

AFTERCOOLER

HIDROSTATIC TEST



Equipment	Serial	Air Test Pressure	Time Test	Comments
Charger Air Cooler	-	6 bar	20 min.	ok

Notes: _____

ANEXO 6.25

- Registro fotográfico labores en aftercooler

Registro fotográfico:



ANEXO 6.26

- Registro fotográfico labores en bomba de aceite

Registro fotográfico.



ANEXO 6.27

- Registro fotográfico labores miscelaneas

Registro Fotografico



ANEXO 6.28

- Registro fotográfico labores en sistema combustible

Registro fotográfico



ANEXO 6.29

- Registro fotográfico labores en sistema de lubricación.

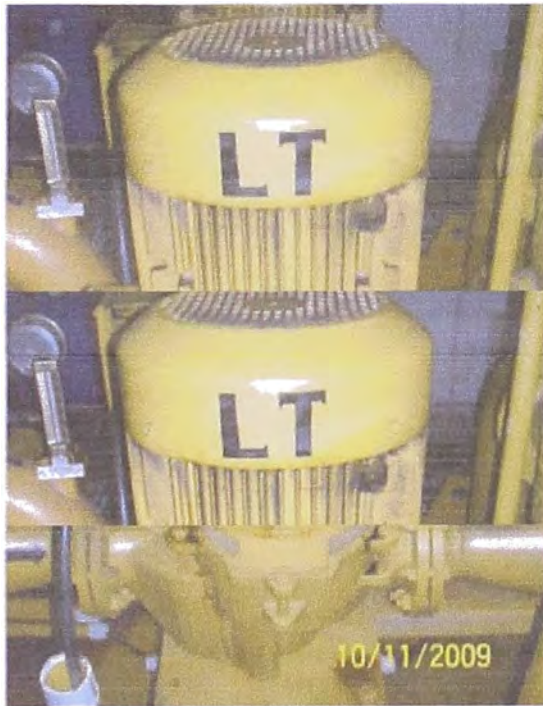
Registro fotografico:



ANEXO 6.30

- Registro fotográfico labores en sistema de refrigeración

Registro Fotografico:



ANEXO 6.31

- Registro fotográfico labores en sistema de aire de admisión y gases de escape.

Registro Fotográfico:

Filtro de aire de admisión



Silenciadores



ANEXO 6.32

- Registro fotográfico labores en el sistema de aire de arranque e instrumentación.

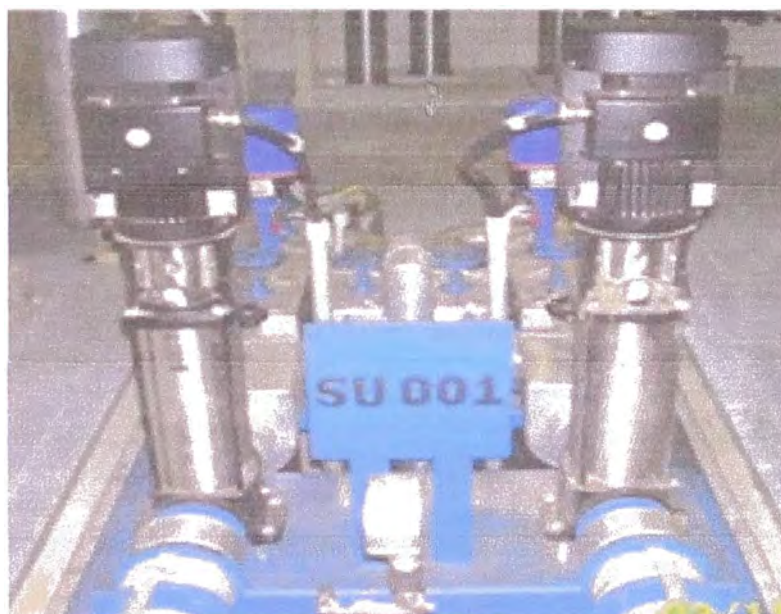
Registro Fotográfico:



ANEXO 6.33

- Registro fotográfico labores en sistema de vapor.

Registro fotografico:

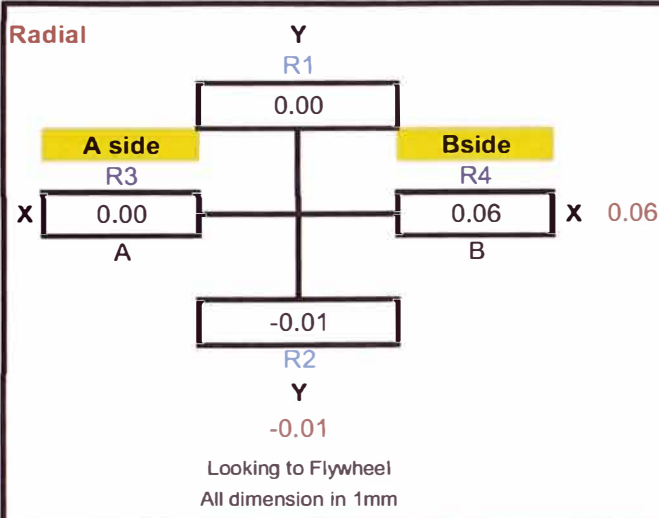


ANEXO 6.34

- Formato "Alignment".

Datasheet: Coupling engine and alternator -4-

Location:	Iquitos			Date	12/11/12
Engine Nr:	51079	Engine Type:	16CM32	Engine on site:	1
Alternator Nr:	0	Alternator Type:	0		
Coupling Type:	0	Coupling Nr:	0		
Alignment according to CPGS Drawing	0				
Coupling Installation dimension	0				



Radial Formulas

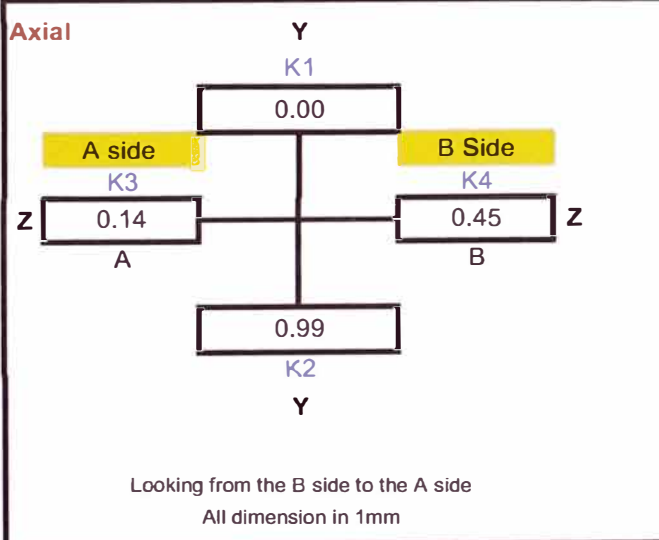
$$\Delta r_{1,2} = \frac{r_2 - r_1}{2} = \boxed{-0.003}$$

$$\Delta r_{3,4} = \frac{r_3 - r_4}{2} = \boxed{-0.029}$$

$$\Delta r = \sqrt{\Delta r_{1,2}^2 + \Delta r_{3,4}^2} = \boxed{0.029}$$

Tolerance 1.0 ± 1.0

Measurements from: Flywheel



Axial Formulas

$$\Delta x = \left(\frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4}{4} \right) - k = \boxed{0.395}$$

Tolerance 1.0 ± 1.0

Measurements from: Flywheel

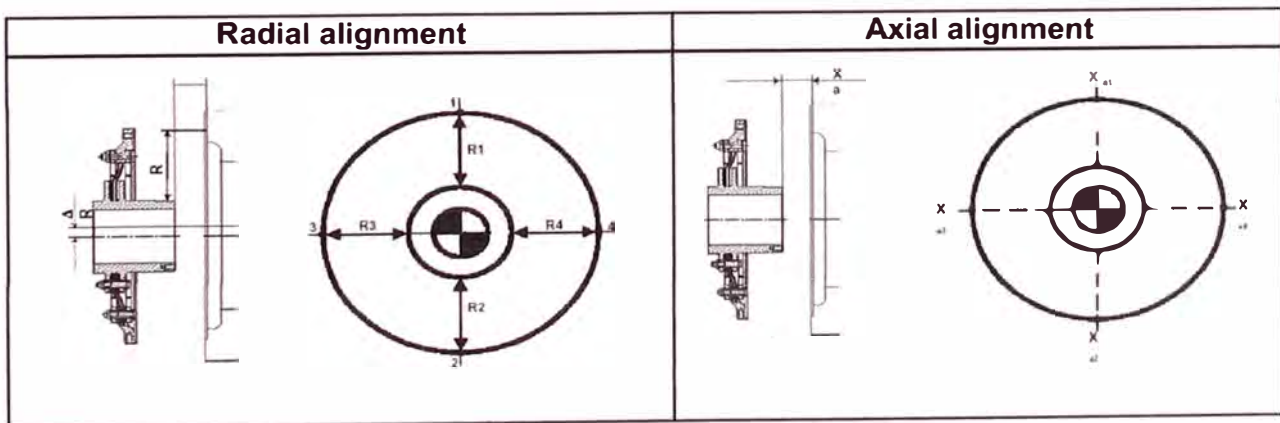
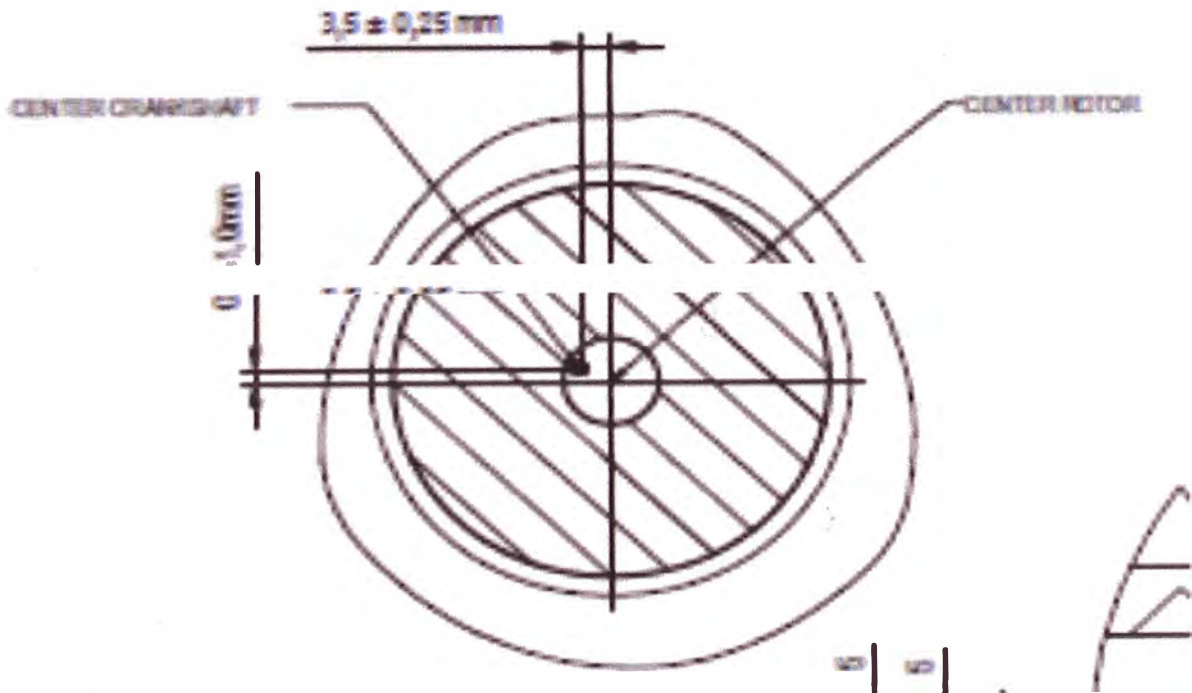
Radial alignment	0.029	Tolerance 1.0 ± 1.0
Offset engine geno X-X	0.057	Tolerance 3.0 +/- 0.25 mm
Offset engine geno Y-Y	-0.005	Tolerance 0,5 - 1,0
Axial alignment	0.395	Tolerance 1.0 ± 1.0

Alternator after all mountings and torques

Tolerance Coupling

Baugruppe Dimension group	empfohlene Ausrichttoleranz / recommended alignment tolerance [mm]			
	radial		axial ²⁾	winklig / angular ²⁾
	elastisch aufgestellt elastic mounted	starr aufgestellt ²⁾ rigid mounted		
K 4010 - K 6020 G 1210 - G 1340	+ 0,5 ^{+0,5} _{-1,0}	± 0,25	± 0,25	0,35
G 1410 - G 2340	+ 1,0 ^{+1,0} ₋₂	± 0,5	± 0,5	0,35
G 2410 - G 3140 G 0310 - G 0520	+ 1,0 ^{+1,0} ₋₂	± 0,5	± 0,6	0,5
G 3210 - G 3540 G 0810 - G 0820	+ 1,5 ^{+1,0} _{-2,5}	± 0,7	± 0,8	0,6
G 3610 - G 7340	+ 1,5 ^{+1,0} _{-2,5}	± 1,0	± 0,8	0,6

Offset engine geno X-X and Y-Y



ANEXO 6.35

- Formato "Cold deflection".



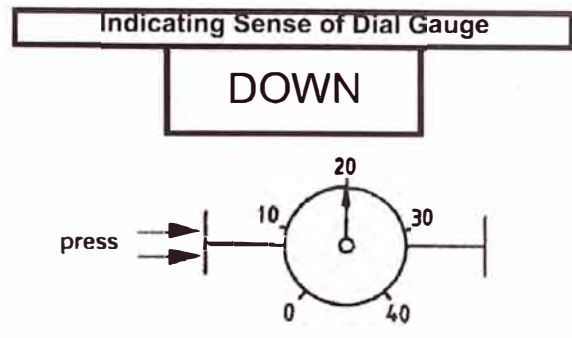
Cold Deflections 51079 Coupling installed KTR 207554

Operating Hours	overhaul	Plant / Vessel	Electro Oriente		Date	16-Dec-12
Engine Type	M 32	Cylinders	16	Engine No.	51079	Engineer / Service Station Paul Hopper

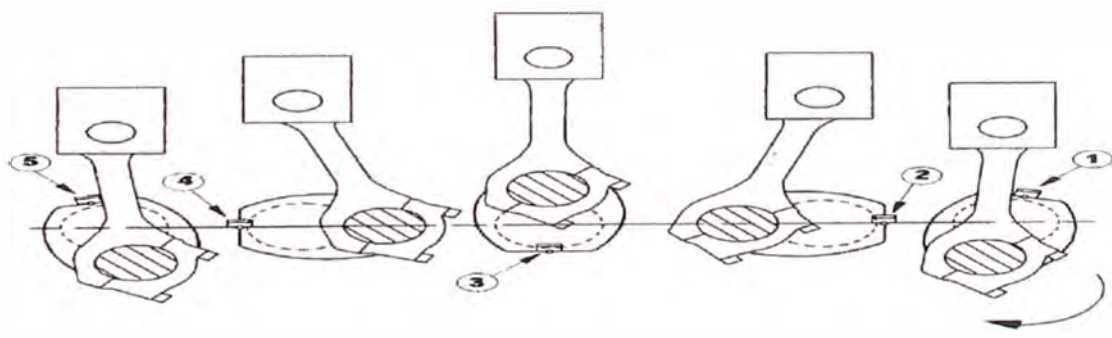
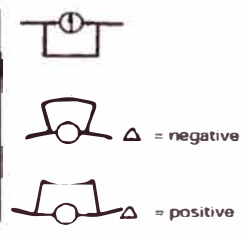
Engine Cold Yes

Shut down for Minutes

Preheated °C



Measuring point	Cylinder							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	20	20	20	20	20	20	20	20
2	16	19	16.5	17	17	17	17.5	17.5
3	11	16.5	15.5	15	16	15.5	15	15.5
4	13	17	16	17	17.5	18	18	18
5	19	20	20	19	20	20.5	21	20.5
Delta								

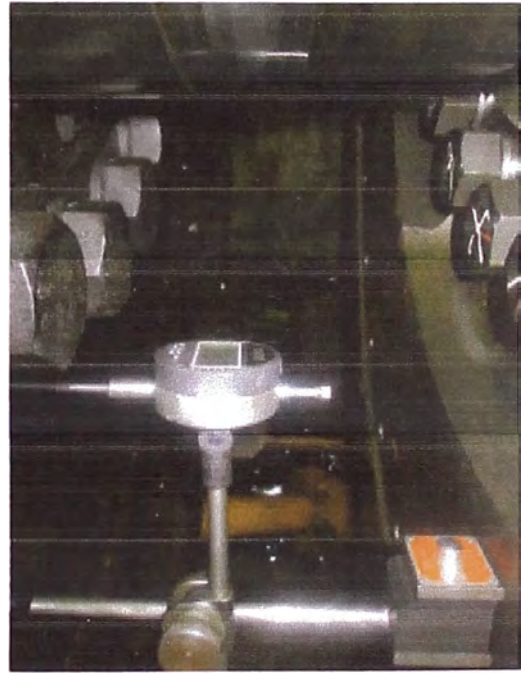
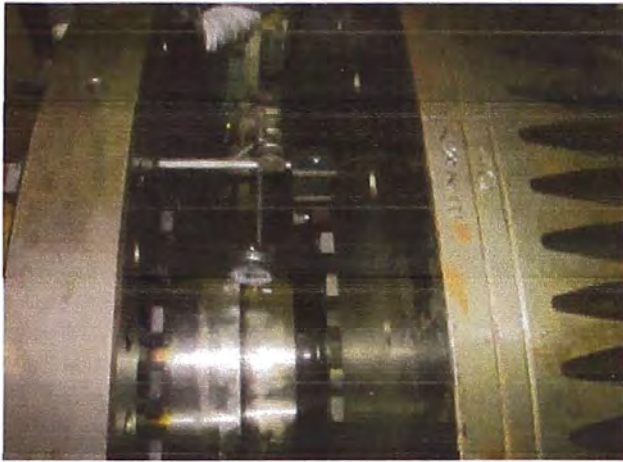


		VM 43	M 43	M 601 / 601 C	M 551 / 552 C	M 452 / 453 C	M 332 C	M 282	M 25	M 32 C / VM 32 C	M 20
a Flywheel with external bearing or single bearing generator rigidly coupled	A	.+ 4 / -7	.+ 4 / -7	.+ 4 / -7	.+ 3 / -6	.+ 3 / -5	.+ 2 / -4	.+ 2 / -4	+2 / -5	.+ 3 / -6	.+ 2 / -4
	G	.+8 / - 13	.+7 / - 12	.+7 / -12	.+7 / -10	.+ 6 / -8	.+ 5 / -7	.+ 4 / -7	.+ 5 / -8	.+ 6 / -9	.+ 4 / -6
b Overhung flywheel with flexible flange coupling		-19	-16	-16	-15	-12	-9	-8	-11	-13	-9
Limit values for cylinder 1; if exceeded consult MaK											
Other cylinders as under G											

ANEXO 6.36

- Registro fotográfico labores de alineamiento.

Registro Fotografico:



ANEXO 6.37

- Formato "Temperature Test".

Station	Electro Oriente	CPGS KTR	KTR 207554	Date	Feb. 08, 2013
Engine Type	16CM32 C	Engine No.	51079	CPGS Report	P. Hopper

TEMPERATURE TEST

TEST: 1 min

Position cylinder B side	Main Bearing (°C)	Big End Bearing (°C)	Big End Bearing (°C)	Main Bearing (°C)
1	33	33	33	32
2	32	33	33	32
3	32	33	33	32
4	32	33	33	33
5	32	33	33	33
6	33	34	33	33
7	32	33	33	32
8	32	33	33	32

TEST: 5 min

Position cylinder B side	Main Bearing (°C)	Big End Bearing (°C)	Big End Bearing (°C)	Main Bearing (°C)
1	47	46	46	44
2	42	43	45	44
3	44	45	46	44
4	41	45	46	41
5	41	46	46	41
6	41	45	44	41
7	43	44	46	43
8	43	44	46	44

TEST: 10 min

Position cylinder B side	Main Bearing (°C)	Big End Bearing (°C)	Big End Bearing (°C)	Main Bearing (°C)
1	61	61	60	60
2	61	61	62	61
3	61	61	61	61
4	60	62	61	64
5	61	63	61	63
6	61	59	61	62
7	61	61	62	61
8	61	62	62	60

TEST: 30 min

Position cylinder B side	Main Bearing (°C)	Big End Bearing (°C)	Big End Bearing (°C)	Main Bearing (°C)
1	61	63	62	63
2	61	60	61	62
3	61	62	62	61
4	62	62	62	62
5	62	63	62	61
6	62	60	61	62
7	62	60	60	63
8	61	63	62	63

Notes:

ANEXO 6.38

- Formato "Engine Data Load".



Measurement Alternator Set

Caterpillar Power Generation Systems

Plant:	Electro Oriente	Engine Type:	16CM32	Engine No.:	51079	Date of measurement:	Feb 08 2013
kW (HP):	7680 kW	min ⁻¹ (rpm)	720	Hrs. of operat.:	62284	Time:	3:10 PM

Conditions of measurement

Alternator #: 5	Load: 1800 kW Frequency: 60 Hz Voltage: 10.5 kV	Outside temp.: °C
Make: AVK	Cos Phi: 0.85 Amps.: phase 1 104 phase 2 99 phase 3 99 amps.	Atmospheric press.: mbar
Type: DIG 171 L/10	Winding temps: 55.3 52.6 61.8 °C	Humidity: %
	Bearing temps: NDE 61.6 DE 79.2 Reactive load: 0.5 Mvar	Plant Altitude: meters

Cylinder	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average A B
	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	
Fuel rack position																	
Exhaust temp. pyrom.																	
After cylinder therm.	355	339	351	374	375	365	361	364	350	370	377	374	365	360	337	356	
Combustion press.																	
Compression press.																	

Lubricating oil	Fuel	n _{Engine} min ⁻¹ 720
P _{bef. filter} bar	Type DIESEL	Load 1800 kW (PS)
P Control panel Bar 4.4	P _{aft. filter} bar 5.1	Exhaust colour
t _{int. eng.} °C 58.5	t _{fuel service tank} °C	Turbocharger A B
t _{out. eng.} °C	t _{final pre-heat} °C	Turbine speed min ⁻¹ 12303 12376
t _{int. cool.} °C 68	t _{fuel viscotherm} °C 53.1	t _{exhaust bef. turb.} °C 394 X
t _{out. cool.} °C 60	Viscosity at Viscotherm mPas / cts	t _{exhaust aft. turb.} °C 347 354
Quality	t _{fuel bef. eng.} °C	t _{charg. air bef. cool.} °C 71 70
Autom.-Filter	Autom.-Filter	t _{charg. air aft. cool.} °C 52
Flushings/d	Flushings/d	t _{intaken air in a distance} °C
		P _{charg. air aft. cool.} bar 0.3
		P _{difference} mm WS X
		Exhaust Gas Back Pressure mm WS

Type of indicator used: _____ Type of spring _____ Piston size _____ Spring scale _____

Cooling Water Systems Double circuit cooling

HT-Freshwater		LT-Freshwater		Radiator	
P _{stat.}	bar	P _{stat.}	bar	Ht pressure Inlet radiator	bar
P _{operation}	4.9 bar	P _{operation}	bar	Ht pressure Outlet radiator	bar
t _{int. eng.}	81 °C	t _{int. ch. air cool. 2}	54 °C	Ht Temperature Inlet radiator	°C
t _{out. eng.}	86 °C	t _{out. ch. air cool. 2}	56 °C	Ht Temperature Outlet radiator	°C
t _{int. Radlator}	°C	t _{int. oil cool.}	52 °C	Lt pressure Inlet radiator	bar
t _{out. Radlator}	°C	t _{oull. oil cool.}	56 °C	Lt pressure Outlet radiator	bar
t _{int. ch. air cool. HT}	80 °C	t _{int. Radlator}	°C	Lt Temperature Inlet radiator	°C
t _{out. ch. air cool. HT}	80 °C	t _{oull. Radlator}	°C	Lt Temperature Outlet radiator	°C

Remarks:
20% of Load

Date _____

Signature _____



Measurement Alternator Set

Caterpillar Power Generation Systems

Plant:	Electro Oriente	Engine Type:	16CM32	Engine No.:	51079	Date of measurement:	Feb 08 2013
kW (HP):	7680 kW	min ⁻¹ (rpm)	720	Hrs. of operat.:	62284	Time:	3:10 PM

Conditions of measurement

Alternator #: 5	Load: 3830 kW Frequency: 60 Hz Voltage: 10.5 kV	Outside temp.: °C
Make: AVK	Cos Phi: 0.85 Amps.: phase 1 231 phase 2 238 phase 3 238 amps.	Atmospheric press.: mbar
Type: DIG 171 L/10	Winding temps: 56.9 55.5 66.6 °C	Humidity: %
	Bearing temps: NDE 70.0 DE 81.0 Reactive load: 1.9 Mvar	Plant Altitude: meters

Cylinder	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average
	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	A B
Fuel rack position																	
Exhaust temp. pyrom.																	
After cylinder therm.	338	335	347	358	359	350	350	351	342	363	359	354	354	348	337	345	
Combustion press.																	
Compression press.																	

Lubricating oil	Fuel	n _{Engine} min ⁻¹ 720
P _{bef. filter} bar	Type DIESEL	Load 3830 kW (PS)
P _{Control panel} Bar 4.2	P _{aft. filter} bar 4.9	Exhaust colour
t _{int. eng.} °C 60.1	t _{fuel service tank} °C	Turbocharger A B
t _{out. eng.} °C 74	t _{final pre-heat} °C	Turbine speed min ⁻¹ 19539 19521
t _{int. cool.} °C 72	t _{fuel viscotherm} °C 50.8	t _{exhaust bef. turb.} °C 435 X
t _{out. cool.} °C 62	Viscosity at Viscotherm mPas / cts	t _{exhaust aft. turb.} °C 337 346
Quality	t _{fuel bef. eng.} °C	t _{charg. air bef. cool.} °C 126 127
Autom.-Filter	Autom.-Filter	t _{charg. air aft. cool.} °C 56.9
Flushings/d	Flushings/d	t _{intaken air in a distance} °C
		P _{charg. air aft. cool.} bar 1.2
		P _{difference} mm WS X
		Exhaust Gas Back Pressure mm WS

Type of indicator used: Type of spring Piston size Spring scale

Cooling Water Systems Double circuit cooling

HT-Freshwater		LT-Freshwater		Radiator	
P _{stat.}	bar	P _{stat.}	bar	Ht pressure Inlet radiator	bar
P _{operation}	4.8 bar	P _{operation}	bar	Ht pressure Outlet radiator	bar
t _{int. eng.}	81.5 °C	t _{int. ch. air cool. 2}	56 °C	Ht Temperature Inlet radiator	°C
t _{out. eng.}	82.3 °C	t _{out. ch. air cool. 2}	58 °C	Ht Temperature Outlet radiator	°C
t _{int. Radiator}	°C	t _{int. oil cool.}	52 °C	Lt pressure Inlet radiator	bar
t _{out. Radiator}	°C	t _{out. oil cool.}	58 °C	Lt pressure Outlet radiator	bar
t _{int. ch. air cool. HT}	76 °C	t _{int. Radiator}	°C	Lt Temperature Inlet radiator	°C
t _{out. ch. air cool. HT}	80 °C	t _{out. Radiator}	°C	Lt Temperature Outlet radiator	°C

Remarks:
50% of Load

Date

Signature



Measurement Alternator Set

Caterpillar Power Generation Systems

Plant:	Electro Oriente	Engine Type:	16CM32	Engine No.:	51079	Date of measurement:	March 08 2013
kW (HP):	7680 kW	min ⁻¹ (rpm)	720	Hrs. of operat.:	62284	Time:	6:30 PM

Conditions of measurement

Alternator #: 5	Load: 5250 kW Frequency: 60 Hz Voltage: 10.4 kV	Outside temp.: °C
Make: AVK	Cos Phi: 0.90 Amps.: phase 1 345 phase 2 340 phase 3 340 amps.	Atmospheric press.: mbar
Type: DIG 171 L/10	Winding temps: 67.7 66.6 73.2 °C	Humidity: %
	Bearing temps: NDE 68.1 DE 81 Reactive load: 3.2 Mvar	Plant Altitude: meters

Cylinder	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average
	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	A B
Fuel rack position																	
Exhaust temp. <i>pyrom.</i>																	
After cylinder <i>therm.</i>	333	332	342	354	360	352	350	356	343	366	363	361	357	350	335	344	
Combustion press.																	
Compression press.																	

Lubricating oil	Fuel	n _{Engine} min ⁻¹ 720
P _{bef. filter} bar	Type DIESEL	Load 5250 kW (PS)
P Control panel Bar 4.1	P _{aft. filter} bar 5.5	Exhaust colour
t _{ini. eng.} °C 61	t _{fuel service tank} °C	Turbocharger A B
t _{out. eng.} °C 75	t _{final pre-heat} °C	Turbine speed min ⁻¹ 23368 23404
t _{ini. cool.} °C 74	t _{fuel viscotherm} °C 53.1	t _{exhaust bef. turb.} °C 441 X
t _{out. cool.} °C 63	Viscosity at Viscotherm mPas / cts	t _{exhaust aft. turb.} °C 306 314
Quality	t _{fuel bef. eng.} °C	t _{charg. air bef. cool.} °C 166 165
Autom.-Filter	Autom.-Filter	t _{charg. air aft. cool.} °C 58.5
Flushings/d	Flushings/d	t _{intaken air in a distance} °C
		P _{charg. air aft. cool.} bar 1.9
		P _{difference} mm WS X
		Exhaust Gas Back Pressure mm WS

Type of indicator used: _____ Type of spring _____ Piston size _____ Spring scale _____

Cooling Water Systems Double circuit cooling

HT-Freshwater		LT-Freshwater		Radiator	
P _{stat.}	bar	P _{stat.}	bar	Ht pressure Inlet radlator	bar
P _{operation}	4.1 bar	P _{operation}	bar	Ht pressure Outlet radlator	bar
t _{ini. eng.}	78 °C	t _{ini. ch. air cool. 2}	50 °C	Ht Temperature Inlet radlator	°C
t _{out. eng.}	81 °C	t _{out. ch. air cool. 2}	54 °C	Ht Temperature Outlet radlator	°C
t _{ini. Radlator}	°C	t _{ini. oil cool.}	54 °C	Lt pressure Inlet radlator	bar
t _{out. Radlator}	°C	t _{out. oil cool.}	59 °C	Lt pressure Outlet radlator	bar
t _{ini. ch. air cool. HT}	74 °C	t _{ini. Radlator}	°C	Lt Temperature Inlet radlator	°C
t _{out. ch. air cool. HT}	80 °C	t _{out. Radlator}	°C	Lt Temperature Outlet radlator	°C

Remarks: 70% of Load Date _____ Signature _____
-------------------------	-------------------------------------



Measurement Alternator Set

Caterpillar Power Generation Systems

Plant: Electro Oriente	Engine Type: 16CM32	Engine No.: 51079	Date of measurement: March 08 2013
kW (HP): 7680 kW	min ⁻¹ (rpm) 720	Hrs. of operat.: 62284	Time: 7:10 PM

Conditions of measurement

Alternator #: 5	Load: 6050 kW	Frequency: 60 Hz	Voltage: 10.4 kV	Outside temp.: °C
Make: AVK	Cos Phi: 0.87 Amps.: phase 1 374 phase 2 365 phase 3 365 amps.			Atmospheric press.: mbar
Type: DIG 171 L/10	Winding temps: 77.4 70.8 63.9 °C			Humidity: %
	Bearing temps: NDE 69.2 DE 81.7			Plant Altitude: meters
	Reactive load: 3.0 Mvar			

Cylinder	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average A B
	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	
Fuel rack position																	
Exhaust temp. pyrom.																	
After cylinder therm.	335	338	346	357	364	357	354	358	350	370	367	365	369	357	340	347	
Combustion press.																	
Compression press.																	

Lubricating oil	Fuel	n _{Engine} min ⁻¹	720
P _{bef. filter.} bar	Type DIESEL	Load	6050 kW (PS)
P Control panel. Bar 4.0	P _{aft. filter} bar 4.7	Exhaust colour	
t _{inl. eng.} °C 62	t _{fuel service tank} °C	Turbocharger	A B
t _{outl. eng.} °C 78	t _{final pre-heat} °C	Turbine speed min ⁻¹	24888 24925
t _{inl. cool.} °C 75	t _{fuel viscotherm} °C 50.0	t _{exhaust bef. turb.} °C	448 X
t _{outl. cool.} °C 64	Viscosity at Viscotherm mPas / cts	t _{exhaust aft. turb.} °C	297 305
Quality	t _{fuel bef. eng.} °C	t _{charg. air bef. cool.} °C	182 182
Autom.-Filter	Autom.-Filter	t _{charg. air aft. cool.} °C	60.5
Flushings/d	Flushings/d	t _{intaken air in a distance} °C	
		P _{charg. air aft. cool.} bar	2.2
		P _{difference} mm WS	X
		Exhaust Gas Back Pressure mm WS	

Type of indicator used: _____ Type of spring _____ Piston size _____ Spring scale _____

Cooling Water Systems Double circuit cooling

HT-Freshwater		LT-Freshwater		Radiator	
P _{stat.}	bar	P _{stat.}	bar	Ht pressure Inlet radiator	bar
P _{operation}	3.9 bar	P _{operation}	bar	Ht pressure Outlet radiator	bar
t _{inl. eng.}	76 °C	t _{inl. ch. air cool. 2}	48 °C	Ht Temperature Inlet radiator	°C
t _{outl. eng.}	80 °C	t _{outl. ch. air cool. 2}	47 °C	Ht Temperature Outlet radiator	°C
t _{inl. Radiator}	°C	t _{inl. oil cool.}	53 °C	Lt pressure Inlet radiator	bar
t _{outl. Radiator}	°C	t _{outl. oil cool.}	60 °C	Lt pressure Outlet radiator	bar
t _{inl. ch. air cool. HT}	70 °C	t _{inl. Radiator}	°C	Lt Temperature Inlet radiator	°C
t _{outl. ch. air cool. HT}	83 °C	t _{outl. Radiator}	°C	Lt Temperature Outlet radiator	°C

Remarks:
80% of Load

.....
Date _____ Signature _____



Measurement Alternator Set

Caterpillar Power Generation Systems

Plant:	Electro Oriente	Engine Type:	16CM32	Engine No.:	51079	Date of measurement:	March 09 2013
kW (HP):	7680 kW	min ⁻¹ (rpm)	720	Hrs. of operat.:	62284	Time:	12:51 PM

Conditions of measurement

Alternator #: 5	Load: 7410 kW Frequency: 60 Hz Voltage: 10.4 kV	Outside temp.: °C
Make: AVK	Cos Phi: 0.94 Amps.: phase 1 426 phase 2 434 phase 3 421 amps.	Atmospheric press.: mbar
Type: DIG 171 L/10	Winding temps: 87.0 86.2 74.3 °C	Humidity: %
	Bearing temps: NDE 70.9 DE 82.7 Reactive load: 2.2 Mvar	Plant Altitude: meters

Cylinder	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average A B
	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	
Fuel rack position	46	45	45	46	45	45	46	45	45	46	45	46	45	45	45	45	
Exhaust temp. pyrom.																	
After cylinder therm.	372	374	378	392	398	391	389	385	395	401	407	399	415	392	385	378	
Combustion press.	204	205	209	205	210	206	213	207	201	199	205	202	206	200	205	201	
Compression press.																	

Lubricating oil	Fuel	n_{Engine} min ⁻¹ 720 Load 7410 kW (PS) Exhaust colour
$P_{bef. filter.}$ bar	Type HFO	Turbocharger A B
P Control panel. Bar 3.9	$P_{aft. filter}$ bar 4.0	Turbine speed min ⁻¹ 27648 27680
$t_{inl. eng.}$ °C 64.5	$t_{fuel service tank}$ °C	$t_{exhaust bef. turb.}$ °C 484 X
$t_{outl. eng.}$ °C 78	$t_{final pre-heat}$ °C 125	$t_{exhaust aft. turb.}$ °C 305 314
$t_{inl. cool.}$ °C 78	$t_{fuel viscotherm}$ °C 120	$t_{charg. air bef. cool.}$ °C 220 218
$t_{outl. cool.}$ °C 66	Viscosity at Viscotherm 14.2 mPas / cts	$t_{charg. air aft. cool.}$ °C 65.2
Quality	$t_{fuel bef. eng.}$ °C 120	$t_{intaken air in a distance}$ °C 34
Autom.-Filter	Autom.-Filter	$P_{charg. air aft. cool.}$ bar 3.0
Flushings/d	Flushings/d	$P_{difference}$ mm WS X
		Exhaust Gas Back Pressure mm WS

Type of indicator used:	Type of spring	Piston size	Spring scale
-------------------------	----------------	-------------	--------------

Cooling Water Systems Double circuit cooling

HT-Freshwater		LT-Freshwater		Radiator	
$P_{stat.}$	bar	$P_{stat.}$	bar	Ht pressure Inlet radiator	bar
$P_{operation}$	3.3 bar	$P_{operation}$	bar	Ht pressure Outlet radiator	bar
$t_{inl. eng.}$	82.5 °C	$t_{inl. ch. air cool. 2}$	50 °C	Ht Temperature Inlet radiator	°C
$t_{outl. eng.}$	83.4 °C	$t_{outl. ch. air cool. 2}$	54 °C	Ht Temperature Outlet radiator	°C
$t_{inl. Radlator}$	°C	$t_{inl. oil cool.}$	52 °C	Lt pressure Inlet radiator	bar
$t_{outl. Radlator}$	°C	$t_{outl. oil cool.}$	60 °C	Lt pressure Outlet radiator	bar
$t_{inl. ch. air cool. HT}$	68 °C	$t_{inl. Radlator}$	°C	Lt Temperature Inlet radiator	°C
$t_{outl. ch. air cool. HT}$	80 °C	$t_{outl. Radlator}$	°C	Lt Temperature Outlet radiator	°C

Remarks:
 100% of Load with HFO running during 2 and half hours.
 Field current at 100% load = 2.6 Amps DC

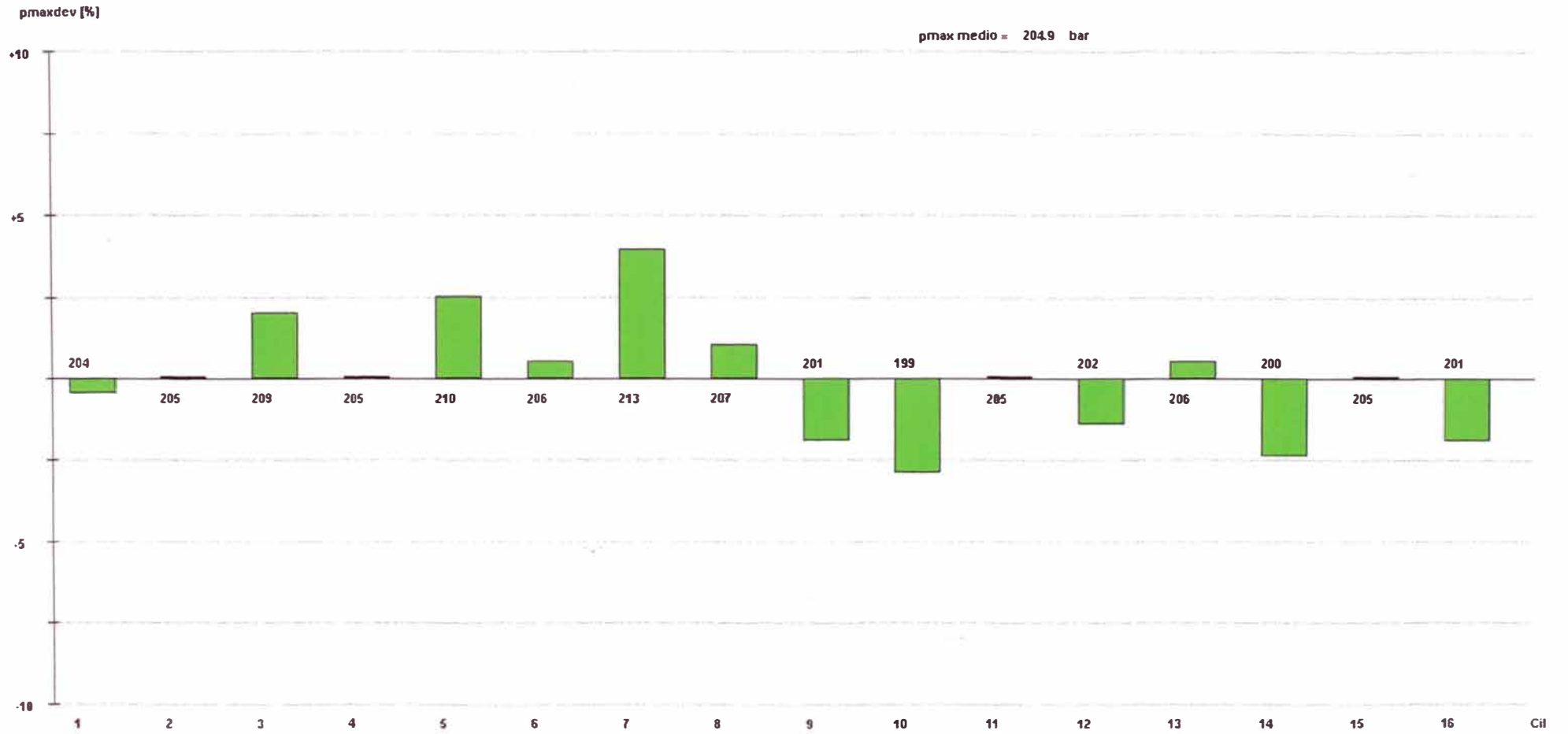
Date

Signature

ANEXO 6.39

- Formato "Peak pressure".

REGISTRO DE LAS PRESIONES PICOS DE COMBUSTION (PEAK PRESSURE)
PORCENTAJE DE CARGA 100%



ANEXO 6.40

- Formato "Hot deflection".



Hot Deflections

02

Operating Hours	62284	Plant	Iquitos Electro Oriente		Date	Mar. 9, 2013
Engine Type	VM32	Cylinders	16	Engine No.	51079	Engineer / Service Station
						Oscar Marino Paul Hopper

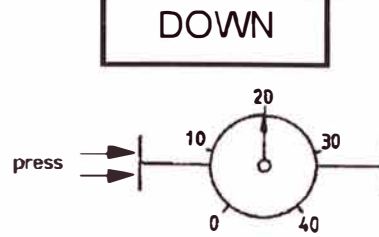
Site Number 5

Engine Cold No

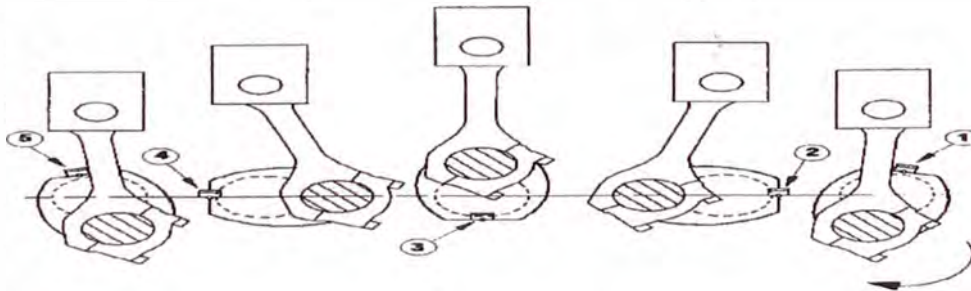
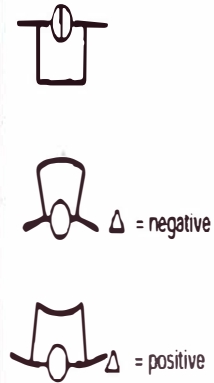
Shut down for 20 Minutes

Preheated 65 °C

Indicating Sense of Dial Gauge



Measuring point	Cylinder								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	20	20	20	20	20	20	20	20	20
2	15	15	18	17	18	18	17	18	
3	12	18	16	15	17	17	20	18	
4	15	16	16.5	16.5	17	18	18	18	
5	18	18	19	19	19.5	20	20	20	
Delta									



		VM 43	M 43	M 601 / 601 C	M 551 / 552 C	M 452 / 453 C	M 332 C	M 282	M 25	M 32 C VM 32 C	M 20	
a	Flywheel with external bearing or single bearing generator rigidly coupled	A	.+ 4 / -7	.+ 4 / -7	.+ 4 / -7	.+ 3 / -6	.+ 3 / -5	.+ 2 / -4	.+ 2 / -4	.+ 2 / -5	.+ 3 / -6	.+ 2 / -4
		G	.+ 8 / -13	.+ 7 / -12	.+ 7 / -12	.+ 7 / -10	.+ 6 / -8	.+ 5 / -7	.+ 4 / -7	.+ 5 / -8	.+ 6 / -9	.+ 4 / -6
b	Overhung flywheel with flexible flange coupling		-19	-16	-16	-15	-12	-9	-8	-11	-13	-9
Limit values for cylinder 1; if exceeded consult MaK												
Other cylinders as under G												

ANEXO 7.1

- **Costos desagregados**

DESAGREGADO DE LABOR			Nro. Días	Personal Técnico			Supervisor CAT			Alquiler de Equipos		Total €
Item	Descripción	P. Unit. EUR		Cant.	Costo Unit	Costo Total (Técnicos)	Cant.	Costo Unit	Costo Total (supervisor)	% Uso	Equipos Contratados	
1	Desconectar líneas de comunicación y control	15,858.40	4.4	4	350	6,160.00	1	2,171.20	9,553.28	100.00%	145.12	15,858.40
	Verificar líneas de comunicación y control según planos "O"		0.7	4	350	980.00	1	2,171.20	1,519.84	0.00%	-	2,499.84
	Desconectar líneas de comunicación y control (aprox. 240)		0.9	4	350	1,260.00	1	2,171.20	1,954.08	15.00%	21.77	3,235.85
	Limpiar con spray (limpia contactos) los contactos de las líneas		0.5	4	350	700.00	1	2,171.20	1,085.60	15.00%	21.77	1,807.37
	Aislar las líneas de comunicación y control		0.7	4	350	980.00	1	2,171.20	1,519.84	15.00%	21.77	2,521.61
	Desconectar líneas del tablero LCP		0.5	4	350	700.00	1	2,171.20	1,085.60	15.00%	21.77	1,807.37
	Aislar las líneas del LCP		0.5	4	350	700.00	1	2,171.20	1,085.60	20.00%	29.02	1,814.62
	Mover el LCP a dos metros de su base		0.6	4	350	840.00	1	2,171.20	1,302.72	20.00%	29.02	2,171.74
2	Desacoplar el motor del generador	13,630.00	2.5	3	350	2,625.00	2	2,171.20	10,856.00	100.00%	149.00	13,630.00
	Desmontar guardas del acoplamiento vulkan		0.3	3	350	315.00	2	2,171.20	1,302.72	30.00%	44.70	1,662.42
	Retirar los 36 pernos de ajuste del acoplamiento		0.4	3	350	420.00	2	2,171.20	1,736.96	30.00%	44.70	2,201.66
	Retirar uno a uno los 8 segmentos del acoplamiento / puente grúa		0.3	3	350	315.00	2	2,171.20	1,302.72	10.00%	14.90	1,632.62
	Empacar y rotular los pernos del acoplamiento		0.3	3	350	315.00	2	2,171.20	1,302.72	0.00%	-	1,617.72
	Empacar y rotular los segmentos del acoplamiento		0.3	3	350	315.00	2	2,171.20	1,302.72	0.00%	-	1,617.72
	Drenaje de líneas de lubricación del generador		0.2	3	350	210.00	2	2,171.20	868.48	10.00%	14.90	1,093.38
	Desmontar flujometro de líneas de aceite del generador		0.4	3	350	420.00	2	2,171.20	1,736.96	10.00%	14.90	2,171.86
	Desmontaje de líneas de aceite del generador		0.3	3	350	315.00	2	2,171.20	1,302.72	10.00%	14.90	1,632.62
3	Poner el monoblock sobre vigas y moverlo a 2 metros laterales de su base	97,780.80	8	10	350	28,000.00	2	2,171.20	34,739.20	100.00%	35,041.60	97,780.80
	Desmontar barandas de plataformas inspección		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	1.00%	350.42	1,134.66
	Desmontar piso de plataformas de inspección		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	1.00%	350.42	1,134.66
	Desmontar columnetas de plataformas de inspección		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	1.00%	350.42	1,134.66
	Desmontar tuberías de agua de HT		0.2	10	350	700.00	2	2,171.20	868.48	2.00%	700.83	2,269.31
	Desmontar tuberías de agua de LT		0.2	10	350	700.00	2	2,171.20	868.48	2.00%	700.83	2,269.31
	Desmontar tuberías de aceite de motor		0.3	10	350	1,050.00	2	2,171.20	1,302.72	2.00%	700.83	3,053.55
	Desmontar tuberías de aire de admisión		0.3	10	350	1,050.00	2	2,171.20	1,302.72	2.00%	700.83	3,053.55
	Desmontar tuberías de gases de escape		0.8	10	350	2,800.00	2	2,171.20	3,473.92	2.00%	700.83	6,974.75
	Desmontaje de turcompresores (contrapeso)		0.8	10	350	2,800.00	2	2,171.20	3,473.92	2.00%	700.83	6,974.75
	Desmontaje de aftercooler (contrapeso)		0.8	10	350	2,800.00	2	2,171.20	3,473.92	2.00%	700.83	6,974.75
	Desmontar líneas eléctricas de los sensores del motor		0.4	10	350	1,400.00	2	2,171.20	1,736.96	2.00%	700.83	3,837.79
	Levantar el motor con pernos gata a 5 cm de su posición		0.2	10	350	700.00	2	2,171.20	868.48	18.00%	6,307.49	7,875.97
	Extraer los pad (06 resilientes)		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	1.00%	350.42	1,134.66
	Instalar 04 extensiones en la base del motor		0.4	10	350	1,400.00	2	2,171.20	1,736.96	15.00%	5,256.24	8,393.20
	Instalar 04 gatas hidráulicas centralizadas (en las extensiones)		0.2	10	350	700.00	2	2,171.20	868.48	15.00%	5,256.24	6,824.72
	Levantar el motor a 50 cm de su base		0.4	10	350	1,400.00	2	2,171.20	1,736.96	8.00%	2,803.33	5,940.29
	Instalar 02 vigas se servicio pesado		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	8.00%	2,803.33	3,587.57
	Instalar 04 patines		0.2	10	350	700.00	2	2,171.20	868.48	9.00%	3,153.74	4,722.22
	Colocar puntos de apoyo para los tilford		0.8	10	350	2,800.00	2	2,171.20	3,473.92	4.00%	1,401.66	7,675.58
	Instalar los tilford		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	1.00%	350.42	1,134.66
	Mover el motor a dos metros de su ubicación sobre vigas		1.4	10	350	4,900.00	2	2,171.20	6,079.36	2.00%	700.83	11,680.19
4	Levantar el monoblock a 1.5 metros del piso	91,360.00	8	12	350	33,600.00	2	2,171.20	34,739.20	100.00%	23,020.80	91,360.00
	Reforzar zona de trabajo para que pueda resistir la presión		0.9	12	350	3,780.00	2	2,171.20	3,908.16	20.00%	4,604.16	12,292.32
	Desmontar el dampen del cigüeñal (grua puente)		0.7	12	350	2,940.00	2	2,171.20	3,039.68	3.00%	690.62	6,670.30
	Verificar sincronización del tren de engranajes		0.2	12	350	840.00	2	2,171.20	868.48	0.00%	-	1,708.48
	Desmontar la volante del cigüeñal (grua puente)		0.8	12	350	3,360.00	2	2,171.20	3,473.92	3.00%	690.62	7,524.54
	Subir el monoblock a 1.5 m de altura del piso (entramado de madera)		3.4	12	350	14,280.00	2	2,171.20	14,764.16	37.00%	8,517.70	37,561.86
	Reforzar con planchas de 3/4" areas de instalación los soportes		1.3	12	350	5,460.00	2	2,171.20	5,645.12	15.00%	3,453.12	14,558.24
	Instalar soportes especiales de acero.		0.7	12	350	2,940.00	2	2,171.20	3,039.68	22.00%	5,064.58	11,044.26
5	Desmontaje de Cigüeñal con equipos especiales	98,280.00	6	12	350	25,200.00	2	2,171.20	26,054.40	100.00%	47,025.60	98,280.00
	Montar caballetes especiales de sujeción sobre carpetas del monoblock		1.4	12	350	5,880.00	2	2,171.20	6,079.36	18.00%	8,464.61	20,423.97
	Instalar 04 teclas de 10 Ton.		0.2	12	350	840.00	2	2,171.20	868.48	3.00%	1,410.77	3,119.25
	Instalar herramineta de sujeción del cigüeñal		0.2	12	350	840.00	2	2,171.20	868.48	2.50%	1,175.64	2,884.12
	Instalar slings de servicio pesado a la herramienta de sujeción		0.2	12	350	840.00	2	2,171.20	868.48	2.50%	1,175.64	2,884.12

DESAGREGADO DE LABOR			Nro. Dias	Personal Técnico			Supervisor CAT			Alquiler de Equipos		Total €
Item	Descripción	P. Unt. EUR		Cant.	Costo Unt	Costo Total (Técnicos)	Cant.	Costo Unt	Costo Total (supervisor)	% Uso	Equipos Contratados	
	Retirar 36 tuercas de pernos postensado		0.3	12	350	1,260.00	2	2,171.20	1,302.72	3.00%	1,410.77	3,973.49
	Retirar tapas de bancada		0.3	12	350	1,260.00	2	2,171.20	1,302.72	12.00%	5,643.07	8,205.79
	Retirar metales de bancada		0.1	12	350	420.00	2	2,171.20	434.24	1.00%	470.26	1,324.50
	Bajar el cigüeñal coloncando apoyos de madera		1.9	12	350	7,980.00	2	2,171.20	8,250.56	26.00%	12,226.66	28,457.22
	Instalar patines especiales debajo del cigüeñal		0.2	12	350	840.00	2	2,171.20	868.48	10.50%	4,937.69	6,646.17
	Sujetar el cigüeñal en los patines especiales de carga		0.1	12	350	420.00	2	2,171.20	434.24	6.00%	2,821.54	3,675.78
	Retirar el cigüeñal del area de trabajo		0.9	12	350	3,780.00	2	2,171.20	3,908.16	7.00%	3,291.79	10,979.95
	Retiro del cigüeñal a disposición final (grua)		0.2	12	350	840.00	2	2,171.20	868.48	8.50%	3,997.18	5,705.66
6	Instalación de cigüeñal nuevo	98,280.00	6	12	350	25,200.00	2	2,171.20	26,054.40	100.00%	47,025.60	98,280.00
	Mover los power module de su ubicación actual (para tener acceso)		0.7	12	350	2,940.00	2	2,171.20	3,039.68	18.00%	8,464.61	14,444.29
	Trasladar el cigüeñal (del almacén) frente al monoblock		0.2	12	350	840.00	2	2,171.20	868.48	3.00%	1,410.77	3,119.25
	Instalar patines especiales debajo del cigüeñal		0.2	12	350	840.00	2	2,171.20	868.48	2.50%	1,175.64	2,884.12
	Sujetar el cigüeñal en los patines especiales de carga		0.2	12	350	840.00	2	2,171.20	868.48	2.50%	1,175.64	2,884.12
	Mover el cigüeñal a la posición de montaje		0.8	12	350	3,360.00	2	2,171.20	3,473.92	3.00%	1,410.77	8,244.69
	Instalar herramineta de sujeción del cigüeñal		0.3	12	350	1,260.00	2	2,171.20	1,302.72	12.00%	5,643.07	8,205.79
	Instalar slings de servicio pesado a la herramienta de sujeción		0.1	12	350	420.00	2	2,171.20	434.24	1.00%	470.26	1,324.50
	Subir el cigüeñal coloncando apoyos de madera		2.1	12	350	8,820.00	2	2,171.20	9,119.04	26.00%	12,226.66	30,165.70
	Instalar metales de bancada		0.2	12	350	840.00	2	2,171.20	868.48	10.50%	4,937.69	6,646.17
	Instalar tapas de bancada		0.1	12	350	420.00	2	2,171.20	434.24	6.00%	2,821.54	3,675.78
	Instalar 36 tuercas de pernos postensado		0.9	12	350	3,780.00	2	2,171.20	3,908.16	7.00%	3,291.79	10,979.95
	Retirar herramientas de montaje		0.2	12	350	840.00	2	2,171.20	868.48	8.50%	3,997.18	5,705.66
7	Bajar el monoblock a posición sobre vigas	49,890.60	4	10	350	14,000.00	2	2,171.20	17,369.60	100.00%	18,521.00	49,890.60
	Retirar soportes especiales de acero.		0.7	10	350	2,450.00	2	2,171.20	3,039.68	35.00%	6,482.35	11,972.03
	Bajar el monoblock sobre las vigas se servicio pesado		1.6	10	350	5,600.00	2	2,171.20	6,947.84	45.00%	8,334.45	20,882.29
	Montar el damper del cigüeñal (grua)		0.7	10	350	2,450.00	2	2,171.20	3,039.68	10.00%	1,852.10	7,341.78
	Verificar sincronización del tren de engranajes		0.2	10	350	700.00	2	2,171.20	868.48	0.00%	-	1,568.48
	Montar la volante del cigüeñal (grua)		0.8	10	350	2,800.00	2	2,171.20	3,473.92	10.00%	1,852.10	8,126.02
8	Mover el monoblock a su posición Inicial	47,890.60	4	10	350	14,000.00	2	2,171.20	17,369.60	100.00%	16,521.00	47,890.60
	Instalar 02 vigas se servicio pesado		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	15.00%	2,478.15	3,262.39
	Instalar 04 patines		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	15.00%	2,478.15	3,262.39
	Colocar puntos de apoyo para los tilford		0.2	10	350	700.00	2	2,171.20	868.48	1.00%	165.21	1,733.69
	Instalar los tilford		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	0.00%	-	784.24
	Mover el motor a su posición inicial sobre vigas		0.2	10	350	700.00	2	2,171.20	868.48	15.00%	2,478.15	4,046.63
	Instalar 04 gatas hidráulicas centralizadas (en las extensiones)		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	15.00%	2,478.15	3,262.39
	Bajar el motor sobre su base		0.2	10	350	700.00	2	2,171.20	868.48	15.00%	2,478.15	4,046.63
	Levantar el motor con pernos gata a 5 cm de su posición		0.2	10	350	700.00	2	2,171.20	868.48	0.00%	-	1,568.48
	Instalar los pad (06 resilientes)		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	0.00%	-	784.24
	Ajustar pernos de anclaje del motor		0.3	10	350	1,050.00	2	2,171.20	1,302.72	4.00%	660.84	3,013.56
	Instalar columnetas de plataformas de Inspección		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	2.00%	330.42	1,114.66
	Instalar piso de plataformas de Inspección		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	2.00%	330.42	1,114.66
	Instalar barandas de plataformas inspección		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	2.00%	330.42	1,114.66
	Instalar de turcompresores		0.3	10	350	1,050.00	2	2,171.20	1,302.72	2.00%	330.42	2,683.14
	Instalar de aftercooler		0.3	10	350	1,050.00	2	2,171.20	1,302.72	2.00%	330.42	2,683.14
	Instalar tuberías de agua de HT		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	2.00%	330.42	1,114.66
	Instalar tuberías de agua de LT		0.1	10	350	350.00	2	2,171.20	434.24	2.00%	330.42	1,114.66
	Instalar tuberías de aceite de motor		0.2	10	350	700.00	2	2,171.20	868.48	2.00%	330.42	1,898.90
	Instalar tuberías de aire de admisión		0.2	10	350	700.00	2	2,171.20	868.48	2.00%	330.42	1,898.90
	Instalar tuberías de gases de escape		0.6	10	350	2,100.00	2	2,171.20	2,605.44	2.00%	330.42	5,035.86
	Instalar líneas eléctricas de los sensores del motor		0.3	10	350	1,050.00	2	2,171.20	1,302.72	0.00%	-	2,352.72
9	Acoplar monoblock al Generador	13,630.00	2.5	3	350	2,625.00	2	2,171.20	10,856.00	100.00%	149.00	13,630.00
	Instalar uno a uno los 8 segmentos del acoplamiento / puente grua		0.9	3	350	945.00	2	2,171.20	3,908.16	10.00%	14.90	4,868.06
	Instalar 36 pernos de ajuste del acoplamiento		0.4	3	350	420.00	2	2,171.20	1,736.96	70.00%	104.30	2,261.26

DESAGREGADO DE LABOR			Nro. Dias	Personal Técnico			Supervisor CAT			Alquiler de Equipos		Total €
Item	Descripción	P. Unlt. EUR		Cant.	Costo Unlt	Costo Total (Técnicos)	Cant.	Costo Unlt	Costo Total (supervisor)	% Uso	Equipos Contratados	
	Instalar flujometro de lineas de aceite del generador		0.3	3	350	315.00	2	2,171.20	1,302.72	10.00%	14.90	1,632.62
	Instalar de lineas de aceite del generador		0.3	3	350	315.00	2	2,171.20	1,302.72	10.00%	14.90	1,632.62
	Instalar guardas del acoplamiento vulkan		0.6	3	350	630.00	2	2,171.20	2,605.44	0.00%	-	3,235.44
10	Alineamiento del Motor y Generador	4,240.40	1.3	3	350	1,365.00	1	2,171.20	2,822.56	100.00%	52.84	4,240.40
	Instalar equipo de alineamiento laser		0.2	3	350	210.00	1	2,171.20	434.24	10.00%	5.28	649.52
	Medir alineamiento		0.1	3	350	105.00	1	2,171.20	217.12	20.00%	10.57	332.69
	Aflojar pernos de anclaje del generador		0.2	3	350	210.00	1	2,171.20	434.24	10.00%	5.28	649.52
	Mover el generador a requerimiento		0.2	3	350	210.00	1	2,171.20	434.24	10.00%	5.28	649.52
	Medir alineamiento		0.1	3	350	105.00	1	2,171.20	217.12	20.00%	10.57	332.69
	Repetir proceso		0.3	3	350	315.00	1	2,171.20	651.36	20.00%	10.57	976.93
	Ajustar pernos de anclaje del generador		0.2	3	350	210.00	1	2,171.20	434.24	10.00%	5.28	649.52
11	Re-commissioning del Grupo Electrogenerador	4,508.00	2	0	350	-	1	2,171.20	4,342.40	100.00%	165.60	4,508.00
	Verificación de giro		0.5	0	350	-	1	2,171.20	1,085.60	40.00%	66.24	1,151.84
	Verificación de deflexión del cigüeñal		0.7	0	350	-	1	2,171.20	1,519.84	40.00%	66.24	1,586.08
	Commissioning		0.8	0	350	-	1	2,171.20	1,736.96	20.00%	33.12	1,770.08
12	Informe técnico.	1,650.00	0.75	0	350	-	1	2,171.20	1,628.40	100.00%	21.60	1,650.00
	TOTAL €	536,998.80				152,775.00		196,385.04		187,838.76	536,998.80	

ANEXO 7.2

- Repuestos utilizados

REPUESTOS OVER HAUL 60 000 Hrs.

CAT MAK 5 - 16CM32 Serial 51079

ITEM	DESCRIPTION	Qty/Unit Book	Qty/on-Hand	Part N°	Unit \$/.	Tot Unit \$/.
B1.05.01 Culata						
Consumibles						
1	Anillo (Valvula de arranque)	1	16	1.7010-410	29.11	465.83
2	Anillo	2	32	1.7084-606	21.25	679.87
3	Anillo	5	80	1.7084-620	90.49	7,239.32
4	Anillo	1	16	1.7084-679	1,298.36	20,773.70
5	Anillo	4	64	1.2210-009	62.16	3,978.48
6	Empaque de caucho	1	16	9.2190-002	251.8	4,028.84
7	Valvula de admision	2	32	9.2107-006	2,344.91	75,037.14
8	Valvula de escape	2	32	9.2107-007	7,349.48	235,183.51
9	Anillo	16	16	9.1110-029	3,037.37	48,597.88
10	Empaque de caucho	32	32	9.2144-013	38.56	1,233.83
11	Anillo	112	112	1.7084-631	36.98	4,142.15
12	Valvula	1	16	9.2107-035	1,565.90	25,054.35
13	Piston	1	16	9.2107-038	1,321.96	21,151.41
14	Resorte	1	16	1.2240-005	118.03	1,888.52
15	Anillo	1	16	1.7084-637	52.72	843.54
16	Anillo	1	16	1.7084-620	90.49	1,447.86
Experiencia						
17	Tapa de resortes	1	16	1.2225-103	1,815.88	29,054.13
18	Anillo de resortes	1	16	1.2225-104	181.59	2,905.41
19	Guia de valvula de escape	2	32	9.2107-004	1,652.45	52,878.52
20	Esferas	7	200	1.2225-105	6.05	1,210.59
21	Guia de valvula de admision	2	32	9.2107-005	1,652.45	52,878.52
22	Resorte tangencial	7	200	1.2225-106	36.32	7,263.53
23	Rotaror de valvula	1	32	9.2225-AA	2,305.57	73,778.13
24	Asiento de valvula admision	2	32	9.2151-004	983.6	31,475.31
25	Asiento de valvula escape	2	32	9.2151-005	1,786.22	57,159.16
B1.05.02 Piston y Biela						
Consumibles						
26	Cojinete de biela	1	16	9.2601-3	7,829.48	125,271.73
B1.05.02 Set de Anillos de Piston						
27	Piston completo	1	16	9.2670-100	132,825.81	2,125,212.96
28	Anillo de fuego	1	16	9.2617-001	3,470.15	55,522.40
29	Anillo de compresion	1	16	1.2601-253	1,140.98	18,255.68
30	Anillo raspador	1	16	1.2601-105	2,100.98	33,615.68
B1.05.03 Motor Bloque						
Consumibles						
31	Anillo	16	16	9.1110-024	605.29	9,684.71
32	Anillo	16	16	9.1110-025	145.57	2,329.17
33	Anillo	16	16	1.7084-679	1,298.36	20,773.70
34	Anillo	16	16	1.7082-911	1,093.77	17,500.27
35	Anillo	32	32	9.1110-078	102.9	3,292.80
36	Anillo	96	96	1.7082-622	62.16	5,967.72
37	Anillo	96	96	1.7082-087	21.25	2,039.60
38	Anillo	2	2	1.7084-638	21.25	42.49
39	Empaque	4	4	9.1112-017	145.57	582.29
40	Empaque	4	4	9.1112-018	125.9	503.6
41	Empaque	4	4	9.1112-119	181.59	726.35
42	Empaque	4	4	9.1112-120	188.85	755.41
43	Empaque	4	4	9.1112-121	216.39	865.57
44	Empaque	2	2	9.1112-022	613.77	1,227.54
45	Empaque	1	1	9.1112-123	165.25	165.25
46	Empaque	2	2	9.1112-024	1,038.69	2,077.37
47	Empaque	2	2	9.1112-025	173.11	346.23
48	Empaque	2	2	9.1112-026	208.52	417.05
49	Empaque	1	1	9.1112-127	1,723.27	1,723.27
50	Anillo	32	32	1.7084-607	21.25	679.87
B1.05.03 Motor Bloque						
Consumibles						
51	Camisa piston	1	16	9.1110-007	33,551.47	536,823.51
52	Cojinete bancada	9	9	9.1110-003	9,049.15	81,442.36
53	Sello caucho	1	16	1.1630-002	208.52	3,336.38
54	Sello caucho	1	16	9.1112-029	306.88	4,910.15
55	Sello caucho	2	32	1.1633-004	75.54	2,417.30
56	Anillo	2	32	1.1633-006	21.25	679.87
57	Anillo de calibracion	1	16	9.1110-108	3,816.38	61,062.10

B1.05.04.9						
Consumibles						
58	Empaque	1	1	9.4111-109	90.49	90.49
59	Empaque	1	1	9.4111-110	77.9	77.9
60	Arandela de ajuste conico	1	1	1.0068-240	7.71	7.71
61	Arandela de ajuste conico	4	4	1.0068-209	3.15	12.59
62	Perno	1	1	1.0008-661	2.75	2.75
63	Anillo	1	1	1.7084-627	59.02	59.02
64	Anillo	1	1	1.7010-332	22.82	22.82
B1.05.04 Eje de Levas						
Experiencia						
65	Damper de vibracion	1	2	1.6229-100	7,021.42	14,042.83
B1.05.05 Control Bomba de Inyeccion						
66	Perno	2	32	1.0015-045	51.15	1,636.72
67	Arandela	4	64	9.4212-065	34.62	2,215.86
B1.05.05 Valvula de 3 Vias						
68	Set partes	1	1	1.4906-908	1,133.11	1,133.11
69	Set partes	1	1	1.4902-901	220.33	220.33
70	Set partes	1	1	1.4900-908	377.7	377.7
B1.05.06 Turbocargador						
Consumibles						
71	Kit 1	2	2	97070	9,563.65	19,127.30
72	Kit 2	2	2	97075	2,130.64	4,261.27
73	Contac Sealing	1	2	32115	647.67	1,295.33
74	Kit 3R	2	2	97081	23,213.04	46,426.08
75	Kit 3A	2	2	97084	43,109.07	86,218.14
76	Empaque	1	1	9.7240-039	98.36	98.36
B1.05.07 Bomba de Inyeccion						
Consumibles						
77	Injection pump complete	1	16	9.3597 CC	34,138.60	546,217.68
B1.05.07 Inyector						
Consumibles						
78	Inyector	1	16	9.2260 AA	6,960.89	111,374.17
79	Tobera inyector	1	16	9.2260-2	3,108.19	49,730.99
80	Pin ajuste	2	32	1.0026-168	4.25	135.97
B1.05.10 Filtros						
Consumibles						
81	Set de partes	1	1	1.4900-906	660.98	660.98
B1.05.10 Distribuidor de aire						
Consumibles						
82	Empaque	1	1	9.4450-007	224.26	224.26
83	Resorte	4	4	1.0065-211	3.86	15.42
84	Ring	1	1	1.0008-040	1.18	1.18
B1.05.10 Distribuidor de aire						
Consumibles						
85	Resorte	4	4	1.0068-209	3.15	12.59
B1.05.12 Volante						
Consumibles						
86	Arandela resorte	16	16	1.0068-240	7.71	123.38
87	Arandela resorte	2	2	1.0065-208	3.86	7.71
88	Arandela resorte	2	2	1.0065-209	3.86	7.71
89	Arandela resorte	2	2	1.0065-213	4.96	9.91
90	Arandela resorte	6	6	1.0065-215	4.96	29.74
91	Pin resorte	2	2	1.0039-807	1.1	2.2
92	Pin resorte	2	2	1.0039-175	1.1	2.2
93	Pin resorte	2	2	1.0039-503	30.69	61.38
94	Anillo	1	1	1.7084-606	21.25	21.25
95	Anillo	1	1	1.7010-251	22.82	22.82
B1.05.12 Engine Block						
Consumibles						
96	BONDED RUBBER RAIL/ Tipo 0.00.6-63.22.00-23		10		6,523.26	65,232.58
97	BONDED RUBBER RAIL/ Tipo 0.00.6-63.22.00-24		2		5,284.22	10,568.44
98	Temocupla Tipo K - Flexible		20		3,946.52	78,930.39
B1.05.13 Kit conversor lavado automatico del turbo						
Consumibles						
99	Kit lavado manual	1	1	NA	51,450.02	51,450.02
C1.02 PLC's						
Consumibles						
100	CDIO	1	1	NA	24,211.78	24,211.78
C1.03 Generador						
Consumibles						
101	Cojinete delantero	1	1	NA	18,158.83	18,158.83
102	Cojinete posterior	1	1	NA	21,185.30	21,185.30
103	Kit generador	1	1	NA	15,132.36	15,132.36

Total \$/.	5,051,457.46
-------------------	---------------------

MAESTRIA EN INGENIERÍA CON

MENCION: EN APLICACIÓN ENERGÉTICA DEL GAS NATURAL

NOMBRE DEL AUTOR: LUS ENRIQUE SANCHEZ TARNAWIECKI

MAESTRIA EN CIENCIAS CON

MENCION: EN INGENIERÍA MECÁNICA, DISEÑO DE MÁQUINAS

NOMBRE DEL AUTOR: ALEJANDRO ORLANDO HUAPAYA BAUTISTA

TÍTULO DE LA TESIS: **ANÁLISIS DINÁMICO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A GASOLINA Y SU INCIDENCIA EN EL DESGASTE MECÁNICO CUANDO ES CONVERTIDO A GAS NATURAL.**

RESUMEN DEL TEMA DE TESIS:

Determinar en base al análisis dinámico, parámetros térmicos y mecánicos, la comparación del comportamiento del motor a gasolina convertido a gas natural y sus posibles causas en su desgaste mecánico y averías.

En el Perú, con la llegada del gas natural al departamento de Lima, se ha creado una actividad nueva, técnica-comercial, que es la conversión a gas natural (GNV) de vehículos gasolineros; en su mayoría taxis, dado el menor costo de combustible.

En la actualidad, no existe en el Perú una importación de vehículos masivos diseñados exclusivamente para gas natural, por lo que los motores cambian su vida útil, así como su mantenimiento.

La presente tesis de maestría tiene como finalidad hacer el estudio de los cambios mecánicos y térmicos que se generan al funcionar un motor con otro tipo de combustible, como es el GNV. Este estudio no tiene antecedentes conocidos, pues salvo Argentina, el Perú es el único latinoamericano con un proceso muy intenso de conversión de vehículos gasolineros a GNV.

Existen cerca de 240,000 vehículos dedicados al transporte público, muchos de los cuales ya se han convertido a GNV en los últimos 9 años y la tendencia para los próximos años es aún mayor, dada la política del gobierno de incentivar el cambio de combustible para aprovechar las bondades que tiene el GNV. Los propietarios de taxis son los que más vienen transformando sus vehículos gasolineros a GNV, debido al ahorro considerable por la diferencia de precio entre la gasolina y el GNV.

Todavía es prematuro establecer conclusiones finales sobre las implicancias que se dan en los motores que son transformados a GNV, ya que este proceso es nuevo en nuestro país. Sin embargo, es conveniente realizar estudios que busquen determinar los cambios que surgen en el comportamiento dinámico de los motores gasolineros que se transforman a GNV. A través de un estudio de la dinámica del mecanismo de biela-manivela se puede determinar qué parte del motor sufrirá mayor desgaste debido al cambio de combustible, ya que la fuerza resultante que causa el desgaste de los cilindros y los apoyos del cigüeñal no sólo depende de la fuerza de inercia de las masas no equilibradas, sino también de la presión de los gases, la cual depende del proceso de combustión, y éste a su vez, depende del tipo de combustible empleado.

PALABRAS CLAVE: Gas natural, dinámica del motor de combustión interna, desgaste, causas.

LIMA, 26 de setiembre de 2014

AUTORES DE LA TESIS	Vo. Bo. ASESOR DE LA TESIS	JEFE DE LA SECCIÓN DE POSGRADO
---------------------	----------------------------	--------------------------------