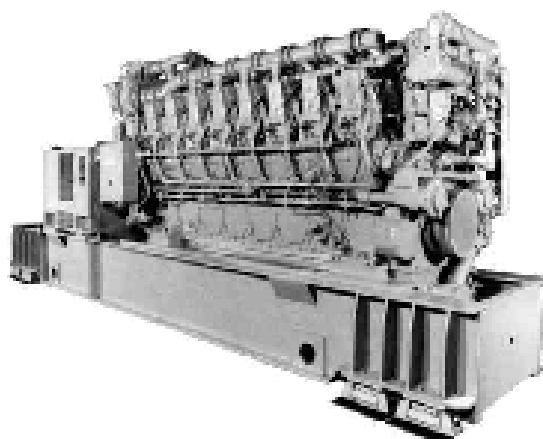

FG4000

G3616



**ALCANCE DE SUMINISTRO
ESTANDAR**

v. 06/05

ÍNDICE

1	DATOS TECNICOS DEL MOTOGENERADOR	7
1.1	POTENCIAS, RENDIMIENTOS Y EMISIONES	8
1.2	DIMENSIONES Y PESOS	10
1.2.1	<i>Dimensiones aproximadas motor-alternador</i>	<i>10</i>
1.2.2	<i>Pesos de algunos componentes:.....</i>	<i>10</i>
	NIVELES SONOROS	11
1.2.3	<i>Potencia sonora de origen mecánico al 100 % de carga</i>	<i>11</i>
1.2.4	<i>Potencia sonora en gases de escape al 100 % de carga.....</i>	<i>11</i>
1.2.5	<i>Potencia sonora en entrada de aire al 100% de carga</i>	<i>11</i>
2	MOTOR	12
2.1	BLOQUE	12
2.2	CULATAS	12
2.3	CAMISAS	12
2.4	CIGÜEÑAL	13
2.5	COJINETES.....	13
2.6	BIELAS	13
2.7	PISTONES Y SEGMENTOS.....	13
2.8	ÁRBOL DE LEVAS.....	13
3	SISTEMA DE ADMISIÓN.....	14
3.1	CAJAS DE FILTROS	14
3.2	FILTROS DE AIRE	14
3.3	TURBOCOMPRESORES	14
3.4	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA.....	14
3.4.1	<i>Restricción admisible.....</i>	<i>14</i>
3.4.2	<i>Caudal.....</i>	<i>15</i>
3.5	GUIA DE INSTALACION	15
4	SISTEMA DE ESCAPE.....	16
4.1	CONEXIONES FLEXIBLES	16
4.2	EXPANSORES DE GASES	16
4.3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA.....	16
4.3.1	<i>Caudales, temperatura y potencia térmica disponible.....</i>	<i>16</i>
4.3.2	<i>Emisiones gaseosas.....</i>	<i>17</i>
4.3.3	<i>Requerimientos mínimos del sistema de escape.....</i>	<i>17</i>
4.4	GUIA DE INSTALACION	17
5	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	19
5.1	CIRCUITO DE ALTA TEMPERATURA (AT)	19
5.1.1	<i>Bomba de agua</i>	<i>19</i>
5.1.2	<i>Válvula termostática</i>	<i>19</i>
5.1.3	<i>Conexiones flexibles.....</i>	<i>20</i>
5.1.4	<i>Resistencias de calefacción.....</i>	<i>20</i>
5.1.5	<i>Instrumentación</i>	<i>20</i>
5.1.6	<i>Válvulas automáticas de purga.....</i>	<i>20</i>
5.2	CIRCUITO DE BAJA TEMPERATURA (BT)	20
5.2.1	<i>Postenfriador</i>	<i>21</i>
5.2.2	<i>Enfriador de aceite</i>	<i>21</i>

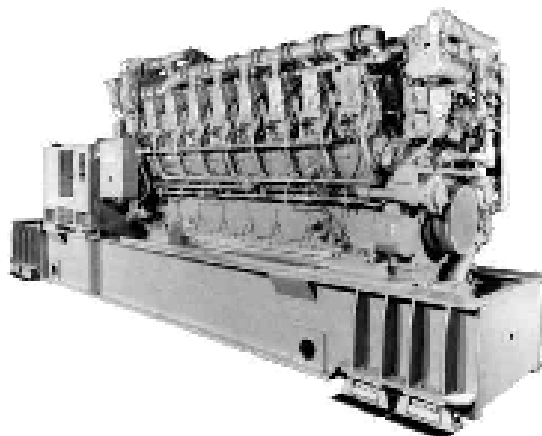
5.2.3	<i>Conexiones flexibles</i>	21
5.2.4	<i>Instrumentación</i>	21
5.3	TANQUE Y BOMBA DE ADITIVOS PARA LÍQUIDO REFRIGERANTE.....	21
5.3.1	<i>Tanque de aporte de aditivos</i>	21
5.3.2	<i>Bomba de aporte de aditivos</i>	22
5.4	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA.....	22
5.4.1	<i>Circuito de alta temperatura</i>	22
5.4.1.1	Balance térmico al 100%.....	22
5.4.1.2	Presiones	23
5.4.1.3	Válvula termostática.....	23
5.4.1.4	Capacidad.....	23
5.4.2	<i>Circuito de baja temperatura</i>	23
5.4.2.1	Balance térmico al 100%.....	23
5.4.2.2	Presiones	24
5.4.2.3	Capacidad.....	24
5.4.3	<i>Esquema del circuito de refrigeración</i>	25
5.4.4	<i>Características del líquido refrigerante del motor</i>	26
5.5	GUÍA DE INSTALACIÓN.....	27
6	SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	29
6.1	BOMBA DE PRELUBRICACIÓN	29
6.2	BOMBA DE LUBRICACIÓN	29
6.3	FILTROS DÚPLEX DE ACEITE	29
6.4	ENFRIADOR DE ACEITE	29
6.5	CÁRTER HÚMEDO.....	30
6.6	RESPIRADEROS DEL CÁRTER.....	30
6.7	CONTROL AUTOMÁTICO DEL NIVEL DEL CÁRTER	30
6.8	VARILLA DE NIVEL	30
6.9	ACEITE	31
6.10	TANQUE DE ACEITE DIARIO	31
6.11	BOMBAS DE VACIADO DE ACEITE SUCIO	31
6.12	PROGRAMA CEAD.....	31
6.13	INSTALACIÓN DE LOS SUMINISTROS.....	32
6.13.1	<i>Instalación de aceite limpio</i>	32
6.13.2	<i>Instalación de aceite usado</i>	32
6.13.3	<i>Instalación del venteo del cárter</i>	32
6.14	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA.....	33
6.15	GUÍA DE INSTALACIÓN.....	33
7	SISTEMA DE COMBUSTIBLE.....	35
7.1	COMPONENTES DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR	35
7.2	RAMPA DE GAS	35
7.3	CONEXIÓN FLEXIBLE	36
7.4	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA.....	36
7.5	GUÍA DE INSTALACIÓN.....	37
8	SISTEMA DE ARRANQUE NEUMÁTICO.....	38
8.1	MOTORES DE ARRANQUE	38
8.2	BOTELLAS Y COMPRESORES DE AIRE	38
8.2.1	<i>Botellas de aire</i>	38
8.2.2	<i>Compresores</i>	38
8.3	INSTALACIÓN DE LOS SUMINISTROS	39
8.4	GUÍA DE INSTALACIÓN.....	39

9	SISTEMA DE ENCENDIDO	40
10	ALTERNADOR.....	41
10.1	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA.....	42
10.2	GUÍA DE INSTALACIÓN.....	44
11	SISTEMA DE MONITORIZACION, PROTECCIÓN Y CONTROL DEL MOTOR (G3600 ADVANCED DIGITAL ENGINE MANAGEMENT – ADEM III).....	46
11.1	MÓDULO DE CONTROL DEL MOTOR (GAS ENGINE CONTROL MODULE, GECEM)	46
11.2	MÓDULO DE SENSORES DE COMBUSTIÓN (INTEGRATED COMBUSTION SENSING MODULE, ICSM).....	46
11.3	SISTEMA DE MONITORIZACIÓN (MACHINE INFORMATION DISPLAY SYSTEM, MIDS).....	46
11.4	SENSORES Y ACTUADORES	47
11.4.1	<i>Sensores montados sobre el motor.....</i>	<i>47</i>
11.4.2	<i>Actuadores</i>	<i>47</i>
11.5	CAJA DE TERMINALES DEL MOTOR.	48
11.6	RELÉS, SOLENOIDES E INTERRUPTORES	48
11.7	CABLEADO	48
12	CUADRO DE CONTROL, PROTECCION, MANIOBRA Y ACOPLAMIENTO CON RED.	49
12.1	CARPINTERÍA METÁLICA.....	49
12.2	CONTROL	49
12.3	PROTECCIÓN	50
12.3.1	<i>Motor</i>	<i>50</i>
12.3.2	<i>Generador.....</i>	<i>51</i>
12.3.3	<i>Generales</i>	<i>51</i>
12.4	MEDIDA	52
12.4.1	<i>Motor</i>	<i>52</i>
12.4.2	<i>Generador.....</i>	<i>52</i>
12.4.3	<i>Auxiliares</i>	<i>52</i>
12.5	MANIOBRA Y ACOPLAMIENTO	53
12.6	AUXILIARES	54
12.7	SEÑALIZACIÓN	54
12.8	GUÍA DE INSTALACIÓN.....	55
13	VENTILACIÓN	56
13.1	VENTILACIÓN DE LA SALA	56
13.2	VENTILACIÓN DEL CÁRTER.....	57
14	SISTEMA DE MONTAJE.....	58
14.1	BANCADA DE ACERO COMÚN MOTOR-ALTERNADOR	58
14.2	TACOS ANTIVIBRATORIOS	58
14.3	GUÍA DE INSTALACIÓN.....	58
15	HERRAMIENTAS Y SERVICIO.....	60
15.1	VIRADOR DEL VOLANTE	60
15.2	CAJA DE HERRAMIENTAS.....	60
15.3	HERRAMIENTAS ESPECIALES PARA MOTORES DE LA FAMILIA G3600.....	61
15.4	PASARELAS DE SERVICIO DEL MOTOR.....	61
16	OPCIONALES.....	62
16.1	SISTEMA DE ADMISIÓN	62
16.1.1	<i>Conductos de admisión de aire y pasarela de acceso a los filtros.....</i>	<i>62</i>

16.2	SISTEMA DE ESCAPE	62
16.2.1	<i>Silencioso de escape</i>	62
16.2.2	<i>Pantalón de escape</i>	62
16.3	SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	63
16.3.1	<i>Bomba neumática de prelubricación</i>	63
16.4	SISTEMA DE MONITORIZACIÓN, PROTECCIÓN Y CONTROL DEL MOTOR.....	63
16.4.1	<i>CCM</i>	63
17	NORMATIVAS, CALIDAD Y SEGURIDAD	64
17.1	AISLAMIENTOS TÉRMICOS Y ACÚSTICOS.....	64
17.1.1	<i>Aislamiento térmico:</i>	64
17.1.2	<i>Aislamiento acústico:</i>	64
17.1.3	<i>Vertidos y efluentes</i>	64
17.2	ELECTRICIDAD	64
17.3	ACABADOS.....	64
17.4	PROTECCIONES Y SEGURIDAD.....	65
17.5	NORMATIVA Y CALIDAD	65
18	PRUEBAS EN FÁBRICA.....	65
19	TRANSPORTE, DESCARGA Y ASENTAMIENTO	66
19.1	PROTECCIONES PARA EL TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO.....	66
19.2	DESCARGA Y ASENTAMIENTO.....	66
20	DOCUMENTACIÓN	67
21	PUESTA EN MARCHA	68
21.1	PRUEBA EN CONTINUO	68
21.2	PRUEBAS CONJUNTAS DE FUNCIONAMIENTO	69
21.3	PRUEBA DE PRESTACIONES.....	69
21.4	RECEPCIÓN PROVISIONAL.....	69
21.5	ACEPTACIÓN DEFINITIVA DE LA INSTALACIÓN	69
22	ADIESTRAMIENTO DEL PERSONAL DEL CLIENTE	70
23	GARANTÍA CATERPILLAR: GRUPOS ELECTRÓGENOS.....	71
23.1	PERIODO DE GARANTÍA.....	71
23.2	OBLIGACIONES DE CATERPILLAR	71
23.3	OBLIGACIONES DEL CLIENTE.....	72
23.4	RESTRICCIONES	72
23.5	TÉRMINO DE GARANTÍA.....	73
24	LIMITES DE SUMINISTRO.....	74
25	ANEXOS	75

NOTA: Todos los datos de este documento han sido verificados y son correctos en la fecha de impresión. FINANZAUTO S.A. se reserva el derecho de modificar cualquier dato sin previo aviso

1 DATOS TECNICOS DEL MOTOGENERADOR



MODELO	FG4000
Motor	G3616 SITA
Alternador	Kato 6P12-3000, 6.000 V
Potencia al freno	3.684 kW
Potencia eléctrica (cosφ = 1)	3.600 kW
Configuración	16 cilindros en V a 50 °
Diámetro x Carrera	300 x 300 mm
Cilindrada	339,3 l
Relación de compresión	10,5:1
Velocidad	1000 r/min
Secuencia de ignición	1-2-5-6-3-4-9-10-15-16-11-12-13-14-7-8
Rotación	CCW. SAE standard

Motogenerador fabricado según normas de calidad ISO 9001.

1.1 POTENCIAS, RENDIMIENTOS Y EMISIONES

VELOCIDAD MOTOR (RPM)	1000	COMBUSTIBLE	Gas Nat.
RELACION DE COMPRESION	10,5:1	PCI GAS (MJ/Nm ³)	35,6
T ^a ENTRADA POSTENFRIADOR (°C)	32	Nº DE METANO MINIMO	70
T ^a SALIDA AGUA DE CAMISAS (°C)	99	ALTITUD (m)	500
SISTEMA DE ENCENDIDO	CIS/A3	TEMPERATURA ATM. (°C)	25
COLECTOR DE ESCAPE	SECO	RTO. ALTERNADOR (cosφ=1)	97,7

POTENCIAS Y RENDIMIENTOS

	Notas		100%	75%	50%
POTENCIA AL FRENO	(2)	bkW	3684	2763	1842
POTENCIA ELÉCTRICA (cosφ=1)	(3)	ekW	3600	2697	1785
RENDIMIENTO DEL MOTOR (ISO 3046/1)	(1)	%	41,1	39,9	38,0
RENDIMIENTO ELECTRICO (ISO 3046/1)		%	40,2	38,9	36,8

DATOS DEL MOTOR

CONSUMO DE COMBUSTIBLE (ISO 3046/1)	(1)	MJ/bkWh	8,76	9,03	9,48
CAUDAL VOLUMETRICO DE AIRE (0°C, 101,3 kPa)	(1)	Nm ³ /min	309	237	162
CAUDAL MASICO DE AIRE		kg/h	23981	18360	12575
TEMPERATURA DE ESCAPE	(4)	°C	409	423	446
CAUDAL VOLUM. GASES ESCAPE (0°C, 101,3 kPa)		Nm ³ /min	331	254	174
CAUDAL MASICO GASES ESCAPE		kg/h	24709	18917	12956

EMISIONES

NO _x (como NO ₂) (corr. 5% O ₂)	(5)	mg/Nm ³	248	238	225
CO (corr. 5% O ₂)	(5)	mg/Nm ³	1303	1248	1179
HCT (corr. 5% O ₂)	(5)	mg/Nm ³	3687	3772	3707
HCNM (corr. 5% O ₂)	(5)	mg/Nm ³	554	566	557
O ₂		%	11,9	11,7	11,5

BALANCE TERMICO

POT. TERMICA AGUA CAMISAS (JW)	(6)	kW	744	671	526
POT. TERMICA ACEITE (OC)	(7)	kW	457	423	366
POT. TERMICA POSTENFRIADOR 1 ^a ETAPA (AC1)	(8)	kW	333	95	52
POT. TERMICA POSTENFRIADOR 2 ^a ETAPA (AC2)	(8)	kW	424	305	202
RADIACION DEL MOTOR	(9)	kW	301	261	223
POT. TERMICA ESCAPE (PCI A 25°C)	(6)	kW	3229	2574	1861
POT. TERMICA ESCAPE (PCI A 120°C)	(6)	kW	2188	1763	1303

Nota: datos según hoja de especificación DM5009 Special 03 (03/02)

CONDICIONES Y DEFINICIONES

- Potencia del motor según ISO 3046/1. Los datos están dados a temperatura 25°C, presión: 100 kPa (abs) altitud 152 m.
- No se admite sobrecarga.

NOTAS

1. Tolerancia de consumo ISO 3046/1: +5%, -0%
2. La potencia incluye una bomba de engranajes (circuito de alta temperatura)
3. Potencia eléctrica para un rendimiento del alternador de 97,7% y $\cos\phi=1$
Potencia eléctrica = potencia del motor x rendimiento del alternador
4. Tolerancia de temperatura de escape +35°C, -30°C
5. Los valores de emisiones son secos y máximos
6. Tolerancia de potencia térmica en agua de camisas y escape: $\pm 10\%$
7. Tolerancia de potencia térmica en aceite: $\pm 20\%$
8. Tolerancia de potencia térmica en postenfriador: $\pm 5\%$
9. Tolerancia de radiación: $\pm 50\%$
10. Los valores de potencia indicados son válidos en condiciones estándar. Para diferentes condiciones, aplicar el factor de detaraje adjunto

Altitud (m) \ T ^a (°C)	0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
50	0,98	0,95	0,92	0,89	0,87	0,84	0,81	0,79	0,76
45	1	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,83	0,80	0,77
40	1	0,98	0,95	0,92	0,89	0,87	0,84	0,81	0,79
35	1	1	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,83	0,80
30	1	1	0,98	0,95	0,92	0,89	0,87	0,84	0,81
25	1	1	1	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,83
20	1	1	1	0,99	0,96	0,93	0,90	0,87	0,84
15	1	1	1	1	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85
10	1	1	1	1	0,99	0,96	0,93	0,90	0,87

1.2 DIMENSIONES Y PESOS

1.2.1 Dimensiones aproximadas motor-alternador

Largo:	9.314 mm
Ancho:	2.590 mm
Alto:	4.133 mm
Peso seco:	59.424 kg
Peso con líquidos:	61.544 kg

1.2.2 Pesos de algunos componentes:

Bloque:	9.625 kg
Cigüeñal:	3.800 kg
Volante:	491 kg
Damper:	183 kg
Culata:	196 kg
Camisa:	110 kg
Pistón:	48 kg
Biela:	57 kg
Turbo:	401 kg
Postenfriador:	125 kg
Filtro de aire:	29 kg

NIVELES SONOROS

1.2.3 Potencia sonora de origen mecánico al 100 % de carga

Frecuencia (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total dB(A)
Potencia Sonora dB(lin)	111	118	125	121	119	119	122	123	118	128

1.2.4 Potencia sonora en gases de escape al 100 % de carga

Frecuencia (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total dB(A)
Potencia Sonora dB(lin)	117	122	129	124	125	129	135	140	139	145

1.2.5 Potencia sonora en entrada de aire al 100% de carga

Frecuencia (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total dB(A)
Potencia Sonora dB(lin)	<100	<100	<100	103	103	108	115	126	126	129

2 MOTOR

La familia de motores de gas G3600 incorpora tecnología avanzada esencial para la generación de grandes potencias, bajas emisiones y altos rendimientos térmicos.

La tecnología utilizada se basa en los siguientes adelantos:

- Combustión de mezcla pobre
- Cámara de precombustión
- Válvulas de admisión de gas
- Controles electrónicos avanzados
- Estructura robusta

2.1 Bloque

De una sola pieza fabricado en aleación de hierro gris. La fundición, el alivio de tensiones y posterior mecanizado se llevan a cabo en las instalaciones de Caterpillar. Los motores de gas montan un bloque de similares características al de los diesel, aun trabajando a menores presiones efectivas que estos, beneficiándose consecuentemente de una mayor robustez. Las válvulas de seguridad del cárter permiten el acceso a los componentes internos del bloque (cigüeñal, bielas, cojinetes de bancada..)El bloque está montado sobre los raíles de la bancada metálica.

2.2 Culatas

Fundidas por Caterpillar a partir de hierro grafítico compactado. Cada cilindro lleva su culata independiente. Aloja cinco válvulas: dos de admisión, dos de escape y una de admisión de gas. Así mismo contiene la precámara de combustión que se encuentra refrigerada por agua en su parte inferior.

La culata se fija al bloque mediante pernos tensionados hidráulicamente.

2.3 Camisas

Fundidas centrífugamente en aleación de hierro enriquecida. Refrigeradas por agua en toda su longitud.

2.4 Cigüeñal

Forjado en prensa. Las uniones entre piezas son soldadas y no atornilladas para evitar desgastes prematuros. Las soldaduras son inspeccionadas mediante ultrasonido para garantizar su integridad.

2.5 Cojinetes

De aluminio con respaldo de acero y recubiertos con una capa de plomo - estaño.

2.6 Bielas

Granalladas, forjadas y termotratadas. Las piezas que componen la biela están unidas por tornillos. Los cojinetes están sobredimensionados y permiten una película más gruesa de aceite permitiendo un menor desgaste.

2.7 Pistones y segmentos

Cabeza de acero atornillada a la falda ligera de aluminio. Cada pistón cuenta con tres segmentos: dos de compresión en la cabeza y uno de control de lubricación en la falda.

El segmento superior tiene una sección rectangular de 5 mm con recubrimiento de plasma. El inferior es de 8 mm y se encuentra dispuesto entre dos guías de cromo. El aceite es proyectado a través de un conducto del pistón unido al bloque.

2.8 Árbol de levas

Segmentado en piezas de acero independientes para cada cilindro con lo que se mejoran las tareas de mantenimiento. Cuenta con una leva más por cilindro para el accionamiento de la válvula de admisión de gas.

3 SISTEMA DE ADMISIÓN

3.1 Cajas de filtros

Son dos unidades idénticas dispuestas a ambos lados del motor con puertas en la parte frontal para el mantenimiento de los filtros de aire. La entrada del aire debe llevarse a cabo por los laterales del alojamiento. Están unidos a los conductos de admisión mediante juntas flexibles de goma y abrazaderas.

3.2 Filtros de aire

Dos filtros cilíndricos por cada caja. Construidos en papel seco acondicionado en atmósfera limpia.

3.3 Turbocompresores

Dos turbocompresores ABB. Circulación axial en la turbina y radial en el compresor. La turbina y su cojinete central están refrigerados por agua. Los cojinetes son lubricados con el mismo aceite del motor lo que simplifica el mantenimiento de los turbos. La eficacia de los turbocompresores es muy elevada porque en motores de mezcla pobre, la energía de los gases de escape es muy baja siendo por otra parte necesaria una gran cantidad de aire que garantice un exceso de oxígeno para la combustión.

3.4 Especificación técnica

3.4.1 *Restricción admisible*

- Máxima restricción de diseño en la admisión incluyendo filtros sucios, conductos y presión negativa en la sala: 3,8 kPa
- La máxima restricción recomendada en el diseño del sistema de admisión es de 1,3 kPa (incluye restricción del filtro limpio, conductos y contrapresión en sala). Con ello se obtiene una reserva de ensuciamiento de los filtros de 2,5 kPa, suficiente para optimizar la vida de los mismos.
- Restricción de los filtros Caterpillar limpios: 0,8 kPa
- Restricción del conducto desde alojamiento del filtro a entrada al motor: 0,53 kPa

- Máximo vacío sala recomendado: 0 kPa. Un vacío superior repercute negativamente en la vida de los filtros.

Nota: todas las presiones que aparecen en el presente documento son presiones relativas.

3.4.2 Caudal

El caudal de aire necesario para la admisión y correcta combustión del combustible al 100 % de carga es de 309 Nm³/min por motor.

3.5 GUIA DE INSTALACION

- Las uniones de los extremos de los conductos de admisión con las piezas fijas del motor (adaptadores rectos) y las cajas de los filtros deben tener una separación mínima de 50 mm y máxima de 100 mm en ambos lados.
- La pasarela de acceso a los filtros de aire debe tener una anchura suficiente para facilitar el acceso a las cajas de los mismos a fin de permitir su correcto mantenimiento (800 mm. recomendados).
- El material de construcción de los conductos de admisión debe ser aluminio o PVC. En ambos casos, la cara interna de los conductos ha de estar totalmente libre de suciedad o partículas de soldadura susceptibles de desprendimiento.
- Estos conductos han de estar perfectamente soportados y sellados para evitar la deformación de las juntas de goma y la entrada de partículas no filtradas en los mismos.
- Durante cualquier montaje o desmontaje de los conductos de admisión, se deberá proteger el conducto de entrada al turbo para evitar la entrada de partículas al mismo.

4 SISTEMA DE ESCAPE

Las dos salidas de gases de escape están situadas transversalmente al motor en la parte posterior de éste con una disposición vertical . La sección de los conductos de salida tiene un diámetro de 355 mm y termina en brida de acero.

4.1 Conexiones flexibles

Una por cada salida de escapes. Acero inoxidable, 355 mm de diámetro con juntas de acero. Calorifugadas. Suministro suelto.

4.2 Expansores de gases

De 355 mm a 457 mm para conexión con el sistema de escape del cliente. Juntas de acero. Calorifugados. Suministro suelto.

4.3 Especificación técnica

4.3.1 Caudales, temperatura y potencia térmica disponible

% Carga	100%	75 %	50 %
Calor en gases PCI 25 °C (kW)	3229	2574	1861
Calor en gases a 120 °C (kW)	2188	1763	1303
Temperatura gases de escape (°C)	409	423	446
Caudal gases de escape (Nm ³ /min)	331	254	174
Masa gases de escape (kg/h)	24709	18917	12956

4.3.2 Emisiones gaseosas

% Carga		100 %	75 %	50 %
NO _x (NO ₂)	(mg/Nm ³)	248	238	225
CO	(mg/Nm ³)	1303	1248	1179
Hidrocarburos totales	(mg/Nm ³)	3687	3772	3707
Hidrocarburos no metánicos	(mg/Nm ³)	554	566	557
O ₂ seco (%)		11,9	11,7	11,5

Emisiones medidas en gases de escape secos y referidas al 5% de O₂

4.3.3 Requerimientos mínimos del sistema de escape

- Contrapresión máxima admisible en el expansor de escape (salida de motor): 3 kPa.
- Deformaciones máximas admisibles en la junta flexible:
 - Desviación máxima entre los centros de bridas: 19,05 mm
 - Compresión máxima: 76,2 mm
 - Expansión máxima: 25,4 mm
 La elasticidad del fuelle es 68,5 kN/m.

4.4 GUIA DE INSTALACION

- Para evitar que el agua condensada en los gases de escape o el agua de lluvia penetre en el interior del motor ocasionando corrosión, se recomienda instalar trampas de condensados en los puntos más bajos del sistema así como acabar la chimenea en pico de pato o usar sombreretes en salidas de escape verticales dependiendo de las pérdidas de carga del sistema.
- El pantalón de gases de escape debe ser simétrico de tal forma que la contrapresión en ambas salidas de escape del motor sean idénticas. Caterpillar **no recomienda** pantalones de escape asimétricos en los G3600. Además debe llevar un picaje para la medida de emisiones en la puesta en marcha
- Aunque económicamente resulte tentador, elementos comunes en el sistema de gases de escape para varios motores, **no es aceptado por Caterpillar** ya que si uno de los equipos para, es susceptible de que pasen gases de la unidad en funcionamiento provocando condensación de agua y corrosión de los elementos del motor. Igualmente los gases retornados pueden ocasionar el giro de los turbos sin lubricación ocasionando el gripado

de los mismos. Las compuertas en los conductos de escape no son soluciones eficaces ya que con el paso del tiempo pierden considerablemente la estanqueidad original.

- Ninguno de los elementos del sistema de escape deberá apoyar sobre el flexible, y por tanto, el cliente deberá prever una estructura de soportación para el pantalón, codo y silencioso de escape.
- A fin de no tener problemas con la evaluación de la capacidad de refrigeración de aire de sala y obtener una mayor recuperación térmica en el sistema de gases de escape, todos los elementos que constituyen el sistema de escape deben ir perfectamente calorifugados.

5 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El circuito de refrigeración de motor está compuesto por el circuito de alta temperatura o agua de camisas (JW) y el de baja temperatura o postenfriador (AC).

5.1 Circuito de alta temperatura (AT)

~~Refrigeración del bloque~~ Combina la refrigeración del bloque con la primera etapa del postenfriador. Consta de los siguientes componentes:

5.1.1 Bomba de agua

Bomba mecánica movida por la distribución del motor, centrífuga, no auto-cebada.

5.1.2 Válvula termostática

Regula la temperatura del agua a la salida del bloque manteniendo la mínima temperatura de operación del motor a 93°C siempre y cuando la refrigeración en el secundario del circuito de agua de camisas tenga la capacidad suficiente.

Debido a la inercia mecánica de los componentes de la válvula termostática, las fluctuaciones de temperatura en la entrada del secundario del circuito de refrigeración de agua de camisas no pueden ser muy grandes ($< 10^{\circ}\text{C}$) ya que la citada válvula será incapaz de absorber esas variaciones por lo que el motor correrá el riesgo de funcionar sobreenfriado o sobrecalentado (ambas situaciones son perjudiciales para el motor).

Este elemento no va instalado en el motor y se suministra suelto.

~~5.1.3 Intercambiador de placas Alfa-Laval:~~

~~Montado sobre el módulo de accesorios en la parte delantera del motor. Las placas son corrugadas de acero inoxidable AISI 304 unidas mediante juntas de nitrilo. Dos conexiones~~

~~con el circuito de refrigeración del cliente en bridas DN 100.~~

~~5.1.4 Tanque de expansión:~~

~~Montado sobre el módulo de accesorios, absorbe la expansión del agua del bloque al calentarse y proporciona la altura manométrica adecuada en cabeza de bomba. Tarado para una máxima sobrepresión de 48 kPa.~~

~~5.1.55.1.3~~ **Módulo de accesorios Conexiones flexibles**

Conexiones flexibles Elaflex (doble banda roja) incluyendo bridas de entrada (DN150 PN 10) y salida (DN125 PN10) DIN 2576, para conexión con el circuito de agua del cliente. Situadas en el lado derecho del motor.

~~5.1.65.1.4~~ **Resistencias de calefacción**

Precalientan el agua del motor antes del arranque. Junto a las resistencias se incluye una bomba eléctrica de circulación así como un pequeño sistema de control con mando de arranque y parada manual y los correspondientes termostatos para el arranque y parada automáticos. Características: 400V, 50 Hz, trifásico, 30 kW.

~~5.1.75.1.5~~ **Instrumentación**

- * Locales de presión y temperatura a la entrada y salida del motor.
- * Transmisores remotos (PT-100) de temperatura a la entrada y salida del motor.
- * Detector de nivel de agua en el bloque

~~5.1.85.1.6~~ **Válvulas automáticas de purga**

Una válvula automática de purga situada en la parte más alta del circuito del motor y dos en la refrigeración de los turbocompresores.

5.2 Circuito de baja temperatura (BT)

Combina la refrigeración de la segunda etapa del postenfriador en paralelo con el enfriador de

aceite. No se incluye la bomba de circulación ni la válvula termostática.

5.2.1 Postenfriador

Intercambiador tubular de dos etapas montado sobre el motor adecuado para refrigerar el aire de admisión incluso en ambientes salinos con agua tratada.

5.2.2 Enfriador de aceite

Intercambiador de calor tubular de dos elementos.

5.2.3 Conexiones flexibles

Conexiones flexibles Elaflex (doble banda roja) incluyendo bridas de entrada y salida DN 125 ~~en el lado derecho~~ PN 10 (DIN 2576) para conexión con el circuito de agua del cliente. Situadas en el lado izquierdo del motor.

5.2.4 Instrumentación

- * Locales de presión y temperatura a la entrada y salida del motor.
- * Transmisores remotos (PT-100) de temperatura a la entrada y salida del motor.

5.3 Tanque y bomba de aditivos para líquido refrigerante

5.3.1 Tanque de aporte de aditivos

A fin de facilitar el aporte de aditivos a los circuitos primarios de refrigeración se incluye en el suministro un tanque para contener la mezcla del anticongelante y anticorrosivo estimados. Sus principales características son:

Características	
Material	Polietileno
Capacidad (l)	500
Diámetro (mm)	1.200

Altura (mm)	800
Tipo de conexión	PVC 1 1/4"
Peso (kg)	18

Suministro suelto

5.3.2 *Bomba de aporte de aditivos*

Es una bomba centrífuga monocelular con alimentación trifásica de 400 V y una potencia unitaria de 0,75 kW. Debido a la naturaleza de los líquidos a bombear, su material de construcción es acero inoxidable.

Suministro suelto

5.4 Especificación técnica

5.4.1 *Circuito de alta temperatura*

5.4.1.1 *Balance térmico al 100%*

Potencia térmica a disipar en agua de camisas:	744 kW (± 74 kW)
Potencia térmica a disipar en primera etapa de postenfriador:	333 kW (± 17 kW)
Potencia térmica total a disipar en circuito de alta temperatura:	1077 kW (± 91 kW)
Caudal máximo de la bomba:	2.750 l/min
Temperatura normal de entrada:	93 °C
Temperatura normal de salida:	99°C
Temperatura máxima de salida del motor:	99,5 °C
Líquido refrigerante:	70% agua, 30% glicol
	$C_p = 3,87$ kJ/kg°C
	Densidad = 1011 kg/m ³

5.4.1.2 Presiones

Todos los datos de presiones vienen dados para la temperatura de diseño al 100% de carga del motor. Las presiones son relativas.

Presión máxima en el bloque: 461 kPa

Presión máxima en aspiración de la bomba: 145 kPa

Presión mínima en aspiración de la bomba: 4 kPa.

Restricción externa máxima en el circuito externo al motor: 75 kPa (para 2.750 l/min)

5.4.1.3 Válvula termostática

Pérdida de carga aproximada (para 2.750 l/min)= 35 kPa

5.4.1.4 Capacidad

Volumen del sistema: 1.010 l

5.4.2 Circuito de baja temperatura

5.4.2.1 Balance térmico al 100%

Potencia térmica a disipar en enfriador de aceite: 457 kW (± 91 kW)

Potencia térmica a disipar en segunda etapa de postenfriador: 424 kW (± 21 kW)

Potencia térmica a disipar en circuito de baja temperatura: 881 kW (± 112 kW)

Temperatura de agua máxima de entrada: 32 °C

Temperatura de agua mínima de entrada: 28 °C

Salto térmico recomendado: 8,3 °C

Salto térmico máximo permitido: 10 °C

Caudal recomendado para la bomba: 1.730 l/min

Líquido refrigerante: 70% agua, 30% glicol

$C_p = 3,73$ kJ/kg°C

Densidad = 1041 kg/m³

Los valores de potencia térmica disipados en el postenfriador están dados a 152 m de altura y 25°C. Para diferentes condiciones de altitud y temperatura esta potencia térmica se ve multiplicada por un factor de disipación de calor, según la siguiente tabla:

Altitud (m) \ Tª(°C)	0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
50	1,29	1,33	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
45	1,23	1,27	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
40	1,16	1,21	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
35	1,10	1,14	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
30	1,04	1,08	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
25	1,00	1,02	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Para calcular el calor disipado en cada una de las etapas, multiplicar el factor de disipación de calor por la suma del calor disipado en la primera y en la segunda etapas. La cantidad de calor adicional así obtenida, se disipará el 85% en la primera etapa y el 15% en la segunda.

Potencia térmica total en circuito Alta Temperatura: $JW+AC1+\{(AC1+AC2)\times 0,85\times(F_d - 1)\}$

Potencia térmica total en circuito Baja Temperatura: $OC+AC2+\{(AC1+AC2)\times 0,15\times(F_d - 1)\}$

5.4.2.2 Presiones

Todos los datos de presiones vienen dados para la temperatura de diseño al 100% de carga del motor. Las presiones son relativas.

Presión máxima a la entrada del posenfriador: 500 kPa

Pérdida de carga en el circuito interno del motor: 90 kPa (para 1.730 l/min)

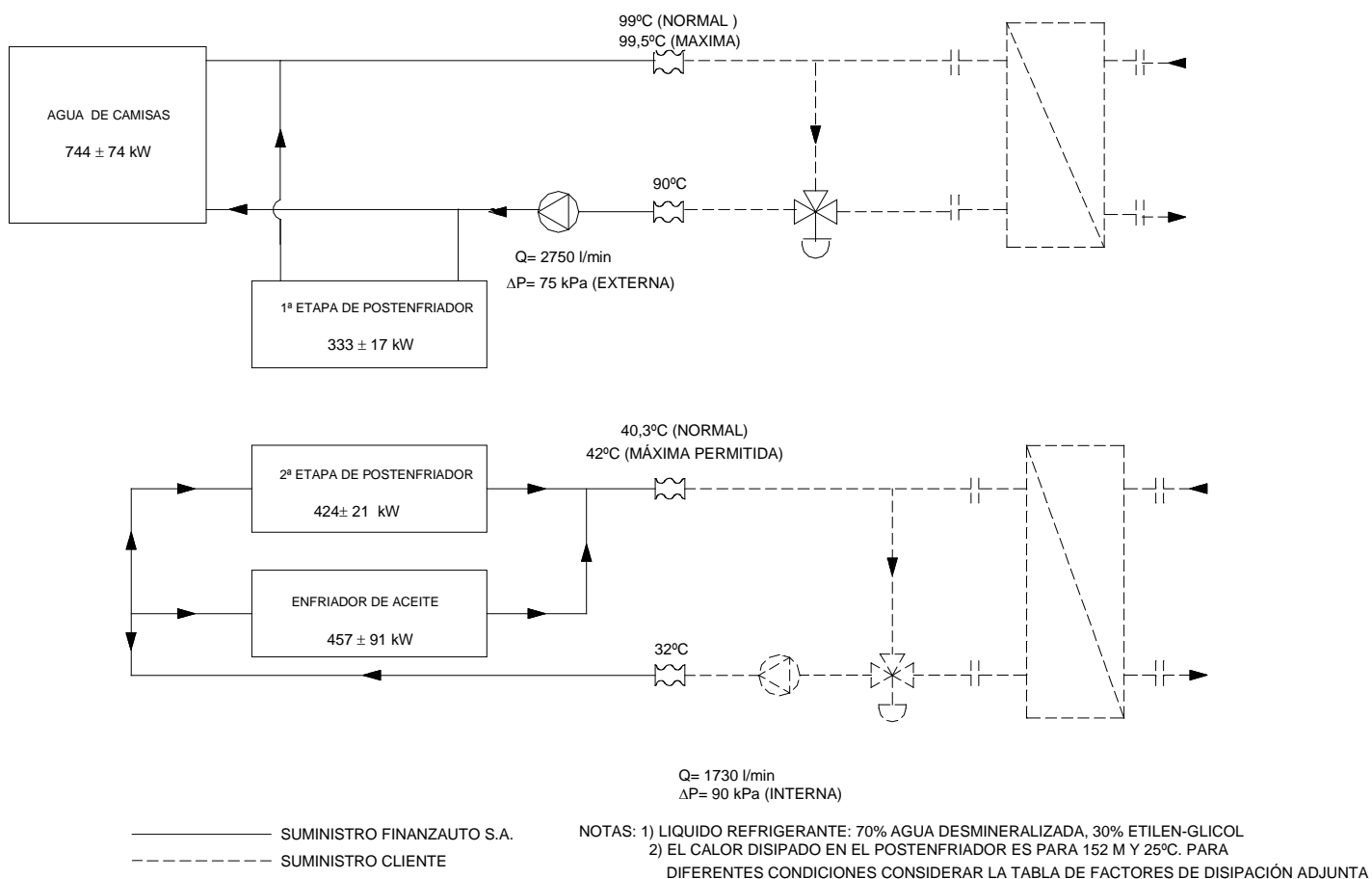
5.4.2.3 Capacidad

Volumen del sistema: 50 l

5.4.3 Esquema del circuito de refrigeración

A continuación se adjunta el esquema de los circuitos de refrigeración de alta y baja temperatura:

ESQUEMA DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN DEL MOTOR G3616



5.4.4 Características del líquido refrigerante del motor

Para el correcto funcionamiento del sistema de refrigeración, Finanzauto S.A. suministra una mezcla de anticongelante y anticorrosivo para el primer llenado del circuito primario de alta temperatura.

Se suministran dos bidones de 208 litros cada uno de la mezcla de anticongelante y anticorrosivo concentrado DEAC para su dilución al 30%, siendo el agua suministro del cliente.

Así, el punto de congelación del agua desciende a -15°C .

El agua necesaria para el sistema de refrigeración del motor deberá ser desmineralizada y/o desionizada y deberá cumplir las especificaciones mínimas siguientes:

CARACTERISTICAS REFRIGERANTE MOTOR			
Cloruros	mg/l	(ASTM D512, D4327)	40 max.
Sulfatos	mg/l	(ASTM D516)	100 max.
Dureza total	mg/l	(ASTM D1126)	170 max.
Partículas sólidas	mg/l	(ASTM D1888)	340 max.
pH		(ASTM D1293)	5,5-9

5.5 Guía de instalación

- Es necesaria la instalación de tanques de expansión capaz de absorber la dilatación del agua en los circuitos de refrigeración frente a cambios de temperatura a distintos regímenes de carga y de mantener el circuito a una presión estática mínima. El volumen mínimo recomendado para dichos tanques de expansión, cuando son atmosféricos, es el siguiente:

Circuito	Volumen mínimo en %
Agua de camisas	16
Postenfriador	8

- Cuando la instalación es de dos o más motores, es necesario que los circuitos primarios de ambos sistemas de refrigeración sean **cerrados e independientes** para cada motor.
- Se recomienda la instalación de una válvula de seguridad tarada a 4,5 bar a la entrada del postenfriador para evitar sobrepresión en el cuerpo del mismo.
- Las tuberías de conexión a motor de los dos circuitos primarios de refrigeración de motor deberán prever tres picajes por circuito a la entrada y la salida para la instalación de la correspondiente instrumentación. La rosca de estos picajes debe ser de 1/2" NPT.
- El intercambiador de calor deberá situarse, en la medida de lo posible, lo más cercano al motor.
- Se deberá disponer de venteos automáticos en el punto más alto de la instalación evitando siempre la presencia de sifones en el diseño de la misma.
- Los circuitos de refrigeración deberán incorporar válvulas de aislamiento en entradas y salidas para facilitar tareas de mantenimiento.
- Todas las conexiones flexibles deberán permitir la continuidad eléctrica entre tuberías por lo que se deberán instalar trenzas de cobre a ambos lados de las mismas.
- En las tomas de entrada de agua a motor de ambos circuitos se deberán instalar "strainers" cónicos o tamizadores de suciedad para eliminar ésta durante los primeros arranques del motor. Estos strainers deben construirse de forma que sea sencilla su instalación (quitar y/poner) con un diámetro de los agujeros de 0.4 mm de forma que no creen una

restricción muy elevada que pueda provocar la cavitación de las bombas.

- Todas las tuberías de los circuitos primarios de refrigeración deben someterse a un "flushing" inicial a efectos de garantizar la ausencia de suciedad en los circuitos previo al llenado de los mismos.
- En el caso que se realicen pruebas de presiones de los circuitos de refrigeración para la detección de fugas, los motores deberán quedar totalmente aislados para no someter sus componentes a presiones excesivas que los puedan dañar.
- Es aconsejable que el diseño del sistema de refrigeración del circuito primario del postenfriador contemple la conexión de la impulsión de la bomba de circulación a la entrada del postenfriador y no a la salida. Además deberán instalarse válvulas automáticas de purga en la parte más alta del circuito
- Deberán preverse las correspondientes tomas de llenado y vaciado de agua de los dos circuitos de refrigeración de motor así como la interconexión del sistema de aporte de aditivos.

6 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

El sistema de lubricación de los G3600 viene completamente montado de fábrica incluyendo bombas, filtros y enfriador. Se incluye el montaje de los elementos accesorios tales como tanque de diario, tuberías, valvulería manual, bombas y sistema de relleno automático así como ubicación de equipos en sala de servicios auxiliares anexa a la sala de motor.

6.1 Bomba de prelubricación

Antes de cada arranque es necesario realizar una prelubricación del motor controlada por el ECM. La maniobra de arranque quedará inhibida hasta que no se haya alcanzado la presión mínima necesaria en la parte alta del motor. Asimismo la prelubricación es esencial antes de numerosas tareas de mantenimiento. La misma bomba proporciona la postlubricación del motor una vez se para éste. Mediante una válvula antirretorno, se impide que el aceite presurizado pase por la bomba de prelubricación cuando el motor está en marcha.

La bomba de prelubricación es eléctrica trifásica, 1,25 kW, 400 V AC, 50 Hz, y está montada sobre motor incluyendo todas las tuberías y conexiones.

6.2 Bomba de lubricación

Mecánica, accionada por la distribución del motor. Una válvula de by-pass recircula el aceite hacia el cárter cuando la presión en la bomba excede los 1.000 kPa. Igualmente, otro by-pass devuelve el aceite al cárter cuando la presión en el conducto principal de aceite es superior a 430 kPa.

6.3 Filtros dúplex de aceite

Dos unidades compuestas por tres elementos de papel cada uno, que pueden reemplazarse con el motor en marcha. Cada filtro cuenta con una válvula de sangrado. Los filtros deben cambiarse cada 1000 h o cuando la presión diferencial excede las 100 kPa.

6.4 Enfriador de aceite

La válvula termostática a la salida de la bomba de aceite regula el caudal al enfriador de aceite descrito en el apartado del Sistema de refrigeración. Dicha válvula termostática

mantiene la temperatura del aceite a 85 °C.

6.5 Cárter húmedo

Tiene una capacidad total de 1.325 l (incluyendo la capacidad de los filtros). Cuenta con dos válvulas de drenaje, una en la parte delantera y la otra en la trasera, rosca 1 ½ NPT THD. Las válvulas de seguridad contra explosión del cárter abren en caso de sobrepresión (>7 kPa).

Nota: no se incluye detector de niebla en el cárter.

6.6 Respiraderos del cárter

Consiste en dos salidas en el lado izquierdo del motor con manguitos flexibles de DN50.

6.7 Control automático del nivel del cárter

Ubicado en la parte derecha delantera del motor, está formado por dos soportes verticales con corredera para fijación a bancada de sala y una placa de montaje que se puede deslizar por la corredera antes mencionada para proceder a su correcto ajuste.

La placa de montaje contiene en su parte superior izquierda un regulador de relleno automático de aceite que mecánicamente mantiene el nivel de aceite del cárter entre unos niveles máximo y mínimo adecuados para el funcionamiento del grupo. En caso de mal funcionamiento, el dispositivo incorpora dos contactos conmutados para señalización de alarma por alto y bajo nivel de aceite. En la parte inferior derecha se haya instalado un nivostato cuyo contacto conmutado provoca la parada del grupo por muy bajo nivel de aceite.

El grupo completo incluye los manguitos flexibles, válvulas de bola para conexionado a la tubería principal, venteo a la atmósfera del regulador de aceite, así como electroválvula.

6.8 Varilla de nivel

Localizada en el lado derecho, en la parte delantera del motor. Indica el nivel correcto a motor parado y motor en marcha.

6.9 Aceite

Se suministra el primer llenado del cárter con aceite de lubricación para motores de gas natural (1500 litros de aceite Caterpillar NGE0)

6.10 Tanque de aceite diario

El tanque de aceite suministrado es horizontal, de acero al carbono, y sus principales características se indican a continuación:

Características	
Capacidad (l)	1.000
Diámetro (mm)	900
Longitud (mm)	1.860

El tanque incluye visor de nivel, venteo atmosférico en T, interruptor de bajo nivel de aceite y rosca para conexión del cliente.

6.11 Bombas de vaciado de aceite sucio

Se suministran dos bombas por cada instalación, una reserva de la otra,

Se trata de bombas de desplazamiento positivo y autocebantes, con sistema de cierre mecánico y válvula de seguridad. Alimentación eléctrica trifásica 400V AC. Los materiales de construcción son: cuerpo de la bomba en hierro fundido, husillo central en acero nitrurado y husillos laterales de hierro fundido perlítico nitrado.

6.12 Programa CEAD

Con todos los motores de la familia G3600, Finanzauto S.A. ofrece de forma gratuita un año de programa CEAD (Control Espectrofotométrico Atómico de Desgaste) que, con un compromiso por parte del cliente de enviar a nuestros laboratorios cada 250 horas de funcionamiento una muestra del aceite, se analiza el nivel de desgaste del motor en cuatro niveles:

- Nivel cero
- Normal
- Especial atención
- Acción inmediata

Para ello se proporcionan tubos especiales que deben mandarse por correo a Finanzauto S.A. y una bomba volumétrica para sacar la muestra del cárter.

6.13 Instalación de los suministros

Se incluye la instalación de los suministros del sistema de lubricación, con el material auxiliar y la mano de obra necesarios. A continuación se describe de forma resumida el alcance de la instalación del sistema de aceite.

6.13.1 Instalación de aceite limpio

Incluye la instalación del tanque de aceite (con soporte de apoyo), tubería de acero DN40, válvulas de bola, conexión flexible, soportes, accesorios y sistema de control automático del nivel del cárter.

El suministro del sistema de aceite limpio finaliza en la tubería roscada del tanque de aceite para conexión del cliente.

6.13.2 Instalación de aceite usado

Instalación del sistema de vaciado de aceite: bombas, tubería de acero DN40, conexión flexible, válvulas de bola, válvula de retención, soportes y accesorios.

El suministro del sistema de aceite sucio finaliza en la brida de la válvula de bola situada en la descarga de las bombas.

6.13.3 Instalación del venteo del cárter

Montaje del venteo del cárter: flexibles DN50, tubería de acero DN100, bote de recogida y purga de condensados, soportes y accesorios,

El suministro incluye toda la instalación del venteo del cárter hasta el exterior del edificio. (sin incluir trabajos de obra civil que fueran necesarios)

6.14 Especificación técnica

- Capacidad de reabastecimiento de aceite con cambio de filtros: 1.325 l
- Consumo específico: 0,5 g/bkW.h

Nota: el consumo de aceite indicado corresponde al punto medio de vida del motor, al 100 % de potencia. En cargas parciales dicho consumo específico se verá incrementado.

- Especificaciones del aceite a utilizar:

Caterpillar recomienda su aceite, Cat NGENO, (SAE 40), especialmente elaborado para este tipo de motores

Caterpillar no recomienda ni aprueba marcas específicas de aceite. Las compañías de lubricantes tienen control sobre sus productos y deben garantizar su calidad y adecuación al motor.

En cualquier caso, el aceite utilizado debe cumplir las siguientes especificaciones

1. Aceite específico para motores de gas de alta relación de compresión y condiciones extremas de funcionamiento.
2. Máximo contenido de cenizas sulfatadas: 0,3-0,5 % Norma CB MIL-L-2104A (Supp 1)
3. Grado de viscosidad: SAE 40
4. Disponer con resultados de campo de 6.000-7.000 h en motores de gas de mezcla pobre con potencias similares a la de los G3600 o superiores. Los resultados de campo deben incluir: consumo de aceite, desgaste del aceite y recesión en válvulas.

6.15 Guía de instalación

- Deberán preverse las conexiones a los distintos circuitos: rosca del tanque de aceite y brida de la válvula de bola situada en la descarga de las bombas.
- Deberá preverse una abertura en el edificio para permitir el acceso al exterior de la tubería de ventilación del carter, suministro de Finanzauto.
- El tanque de aceite diario deberá situarse a una altura máxima de 15 metros sobre el nivel

del cárter, siendo conveniente que esté ubicado en el interior de la sala de motores.

- En función del régimen de funcionamiento que el cliente elija, éste deberá prever el tanque de almacenamiento necesario para el aceite limpio y sucio de los cambios (volumen de tanque recomendado: 20.000 l).

7 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

7.1 Componentes del sistema de combustible del motor

Para asegurar que cada cilindro recibe la correcta cantidad de combustible en la adecuada relación aire/combustible, no se utilizan carburadores. En su lugar, el gas a presión se mezcla con el aire en la culata, después de la válvula de admisión de gas accionada por el árbol de levas.

La válvula general de entrada al motor, accionada por uno de los tres actuadores de control, regula la cantidad de combustible requerido a distintas cargas.

A través de conductos de gas independientes, se alimenta la precámara de combustión con gas puro, lo que asegura una combustión completa posterior en la cámara principal. Mediante una válvula de aguja se regula el paso de combustible a cada precámara.

7.2 Rampa de gas

Suministro suelto de la rampa de gas DN65 PN16, incluyendo soporte, para montaje por parte del cliente a una distancia recomendada de 3 m de la entrada de gas del motor.

La rampa de gas está compuesta por los siguientes elementos:

- Válvula de esfera para conexión con cliente.
- Filtro tipo cesta con malla de 1 micra con válvula de purga incorporada. La conexión de dicha purga con el sistema de venteo de gas queda excluida de este suministro.
- Manómetro diferencial para mantenimiento del filtro con señalización remota DP/RM, 0-1 bar.
- Regulador DN50 PN16, con válvula de seguridad incorporada.
- Dos válvulas de esfera con actuador neumático simple efecto para aire a 6 bar y electroválvula de tres vías 24 V.
- Una electroválvula de venteo 24 V para control de estanqueidad. Rosca 1/4" 2 vías con borboteador. La interconexión entre la salida de 1/4" del borboteador y el sistema de venteo del gas queda excluido de este suministro.

- 3 manómetros de esfera 0-6 bar Clase 1 con válvulas pulsadoras 1/2".
- Presostatos de máxima y mínima

La longitud aproximada de la rampa de gas es 2.500 mm.

Nota: Opcionalmente se suministra la rampa de gas en codo.

7.3 Conexión flexible

Conexión flexible DN65 PN16 situada a la entrada de gas al motor.

7.4 Especificación técnica

- Consumo: 8,76 MJ/bkWh + 5%
- Presión dinámica manométrica requerida a la entrada de la rampa de gas, con la planta al 100%: 3,5-4 kg/cm².
- Calidad mínima necesaria del gas natural a utilizar:
 - Máxima cantidad de gases inertes: 5%
 - El gas debe ser seco, es decir, no debe contener hidrocarburos pesados líquidos (butano, propano...)
 - Mínimo número de metano requerido: 70. Para estar seguro de que el gas disponible en la instalación es adecuado, a partir de un análisis completo del mismo, Finanzauto puede calcular el número de metano a partir de un programa específico.
 - Poder calorífico: 35,6 MJ/Nm³
 - Mínimo índice de Woobe: 46,8 MJ/Nm³

- Límites de contaminantes y condiciones del combustible según siguiente tabla:

	Notas		
Compuestos de azufre como H₂S	1,2	mgH ₂ S/MJ	0,43
Compuestos de halógenos como Cl	1,3	mgCl/MJ	0
Amoniaco		mgNH ₃ /MJ	0
Aceite		mg/MJ	1,19
Partículas	1,4	mg/MJ	0,8
Silicio	1,4	mg Si/MJ	0,1
Temperatura máxima		°C	60
Temperatura mínima		°C	10
Humedad relativa máxima	5	%	80

Notas:

- 1) Los límites indicados incluyen los contaminantes que puedan ser ingeridos por el aire.
- 2) Los compuestos de azufre son todos aquellos que contienen azufre. El nivel total de compuestos de azufre debe incluir todo el azufre y expresado como H₂S.
- 3) Los compuestos de haluros son todos aquellos que contienen cloro, fluor, iodo o bromo. El nivel total de compuestos de haluros debe incluir todos los haluros mencionados, expresados como cloro.
- 4) El contenido total de partículas incluye el silicio inorgánico. El límite de silicio incluye el contenido total de silicio, tanto orgánico (siloxanos, etc.), como inorgánico.
- 5) Es aceptable combustible saturado, pero no es admisible la condensación de agua en las tuberías de combustible o en el motor. A bajas temperaturas los hidrocarburos pesados pueden condensar y entrar en el motor. No se permite la presencia de líquidos en el gas ya que el motor puede resultar seriamente dañado si los líquidos penetran en el motor. Si hay presencia de líquidos, el cliente debe eliminarlos aumentando la temperatura del gas o utilizando un filtro coalescente.

Valores diferentes a los expuestos deberán ser estudiados por Finanzauto, S.A. para el cálculo de las prestaciones del motor y la viabilidad de operación en condiciones diferentes.

7.5 Guía de instalación

- Es suministro del cliente el tramo de tubería entre la rampa de gas y el motor. Esta tubería debe ser de acero inoxidable y debe ir adecuadamente soportada.
- Todas las tuberías del circuito de combustible deben someterse a una limpieza con Nitrógeno con el fin de garantizar la ausencia de suciedad en el circuito previo a su llenado, y posteriormente mediante antorcha realizar la homogeneización del gas
- Son suministro del cliente los conductos al exterior de la válvula de venteo (1/4") y de la purga del filtro de gas (1"). Estos dos conductos deben ser independientes

8 SISTEMA DE ARRANQUE NEUMÁTICO

Incluye la instalación de todos los elementos, tuberías, valvulería, y accesorios para un máximo de 25 m de longitud total.

8.1 Motores de arranque

Están localizados en el lado izquierdo, en la parte posterior del motor. Incluyen silenciador, lubricador, filtro de aire, válvula de corte y conexión flexible.

8.2 Botellas y compresores de aire

Se suministrarán dos botellas de aire de arranque de 2000 litros cada una y dos compresores para cada instalación.

8.2.1 Botellas de aire

Las botellas suministradas son verticales, de acero al carbono, y sus principales características se indican a continuación:

Características	
Capacidad (l)	2.000
Diámetro (mm)	1.060
Altura (mm)	2.630
Peso (kg)	1.800

Las botellas constan de válvula de llenado, válvula de descarga, válvula de seguridad a 31 bar, válvula de purga, manómetro local, registro de inspección 300 x 400 mm. y patas de anclaje.

8.2.2 Compresores

Los compresores suministrados están accionados mediante correas trapezoides sobre chasis metálico, motor eléctrico trifásico, protección IP-55, 50 Hz y refrigerador final por aire. Constan de válvula de seguridad, manómetro de presión de aire, presostato de arranque y parada y purga automática.

Tienen una capacidad unitaria de 66 Nm³/h y una potencia unitaria de 20 CV

8.3 Instalación de los suministros

Se incluye la instalación de los suministros del sistema de aire de arranque, incluyendo el material auxiliar y la mano de obra necesarios. A continuación se describe de forma resumida el alcance de la instalación del sistema de aire de arranque:

- Instalación de botellas con valvulería auxiliar e instrumentación.
- Instalación de compresores incluyendo tubería, conexiones flexibles, válvulas, presostato y tacos antivibratorios.
- Instalación de descarga de compresores y llenado de botellas: tubería de acero DN40 con soportes y accesorios.
- Instalación de alta presión: tubería de acero DN80, regulador de presión de 28 x 15 bar con válvula de seguridad incorporada, flexible y adaptación de entrada a motor, válvulas, soportes y accesorios.
- Instalación de baja presión: dos conjuntos de regulación (regulador 28x6 bar y válvula de bola), colector DN80 (con válvula de seguridad, válvula de purga y manómetro)
- Línea a servicios de sala: tubería DN20 y 4 unidades de servicios (tubería, válvulas de bola, enchufe rápido). El número de unidades de servicios variará en función del número de motores instalados.
- Línea a válvulas motorizadas de rampas de gas: tubería y unidades de servicio
- Colector de purga

8.4 Guía de instalación

- A petición del cliente se instalará una toma auxiliar a 6 kg/cm² para servicios auxiliares. El cliente deberá indicar el máximo consumo de aire previsto en dicha toma, para su correcto dimensionamiento.
- En caso de que el consumo de aire auxiliar del cliente implique el sobredimensionamiento del sistema (aumento de capacidad de las botellas y/o las potencias de los compresores, mayor número de tomas de aire, etc.), esto supondrá un sobrecoste adicional.

9 SISTEMA DE ENCENDIDO

La bujía de 18 mm está conectada a la bobina mediante un extensor de teflón y una conexión de aluminio localizada en la parte superior - interior del extensor. El teflón aísla el arco de la bujía. Los electrodos están contruidos en metales preciosos: el central es de iridio y la masa de platino. Estos metales están soldados a un alma de cobre. La bujía está alojada en la parte inferior de la precámara para favorecer la creación de un frente de llama en un medio enriquecido como es el de la precámara. Esta disposición ayuda a que la velocidad de combustión sea mayor y por tanto la ignición de la mezcla completa favoreciendo el alto rendimiento del motor.

10 ALTERNADOR

Se trata de un alternador sincrónico trifásico con neutro accesible, excitación auxiliar mediante imán permanente, bobinado de la excitación principal sin escobillas y conexión directa a través de diodos rotativos entre el inducido de ésta y el bobinado del rotor principal.

La unión entre motor y alternador se realiza por medio de un acoplamiento flexible Vulkan fabricado con elastómero de caucho y cuerpos de acero forjado.

El fabricante del alternador es Kato Engineering y entre sus principales características se pueden resaltar las siguientes:

Características:

- Aislamiento: clase F con resina epóxica impregnada con presión de vacío
- Temperatura ambiente máxima: 40 °C
- Altitud: < 1000 m
- Protección mecánica: IP23
- Forma constructiva: B3
- Cojinetes: 2 de casquillo autolubricado con tanque estanco de aceite lubricante.
- Caja de terminales de potencia: grado de protección IP44, situada en la parte superior, entrada de los cables por el lado derecho visto desde el acoplamiento.
- Bobinados: formado por seis cables conectados en estrella.
- Excitación: Imán permanente

Accesorios:

- Regulador de tensión con igualación de tensión y control del factor de potencia digital Basler DECS 125-15 B2C, montado en el cuadro de control.
- 3 x Transformador de intensidad In/5A/5A/5A, clase de los secundarios 0.5/5P10/5P10 para medida y protección, 20 VA: montados y cableados en caja de terminales del alternador.

- 2 x Transformadores de tensión 6000V/110V/110V, clase de los secundarios 0.5/3P para medida y protección, 20 VA: montados y cableados en caja de terminales del alternador.
- 6 x PT 100 (2 por fase) en el estátor
- 2 x PT 100 (1 por cojinete)
- Resistencia anticondensación 3000 W / 230 VAC, monofásica

Protecciones intrínsecas:

Están integradas en el propio regulador de tensión con control del factor de potencia digital Basler DECS 125-15 B2C:

- Mínima frecuencia
- Sobre tensión
- Sobreexcitación
- Alta temperatura de los circuitos

10.1 Especificación técnica

Rendimientos:

% Carga	0,8 pf	1,0 pf
100	96,8	97,7
75	96,7	97,5
50	96,2	96,7
25	93,8	94,4

Datos generales:

Alternador Kato 6P10.5-3700	
Potencia (kW a cos $\varphi=1$)	3.554
Tensión (kV)	6
Velocidad (RPM)	1.000
Frecuencia (Hz)	50
Intensidad nominal (A)	342
Excitación	PMG
Elevación temperatura (°C)	100
Max. Tª ambiente (°C)	40
$\Delta U/U$ con 100% carga (%)	≤ 17
Nº polos	6
Protección	IP23
M. max. cortocircuito	3xIn en 10 seg.
Vibraciones	S/VDI-2056
Refrigeración	Aire
Tipo constructivo	B3
Nivel de ruido (dB(A))	110 a 1 m.
Peso (kg)	13.000
Dimensiones (m)	3,9x2,2x2,2

Pérdidas a $\cos \varphi=1$:

Pérdidas	KW
En el cobre	21
En el hierro	14,7
Totales	110,22

Reactancias y constantes de tiempo:

Reactancias	Cuadrática	Directa
Subtransitoria - $X''(s)$	21,3	16,8
Transitoria - $X'(s)$	89,4	25,5
Síncrona - $X(u)$	120,0	204,3
Secuencia negativa - $X^2(s)$	19,0	
Secuencia cero - X_0	2,9	

Constantes de tiempo	Seg.
$T'd^3$	1,181
$T'd_0$	7,051
T_a	0,085

10.2 Guía de instalación

- La salida de los cables de potencia hacia las celdas de media tensión, no debe tener ningún punto fijo a la estructura motor-alternador-bancada para evitar la transmisión de

vibraciones que puedan dañar el aislante de protección de los cables.

- La tapa de cierre metálica de la salida de cables de potencia se puede eliminar o mecanizar para realizar la conexión de los cables de potencia. Si se decide mecanizar, esta pieza debe cortarse y formar dos cuerpos para evitar los efectos de los campos electromagnéticos creados.

11 SISTEMA DE MONITORIZACION, PROTECCIÓN Y CONTROL DEL MOTOR (G3600 Advanced Digital Engine Management – ADEM III)

El sistema de supervisión del motor ADEM III integra un conjunto de subsistemas que se comunican entre sí para optimizar las condiciones de operación del motor al máximo.

Estos subsistemas incluyen la lógica de arranque/parada/prelubricación, monitorización y protección del motor, control de velocidad, control de la relación aire-combustible y control del avance al encendido.

El sistema se compone de los siguientes elementos:

11.1 Módulo de control del motor (Gas Engine Control Module, GECM)

Su función principal es la regulación de velocidad y el control de la relación aire-combustible, así como la coordinación del resto de sistemas y tratamiento de las señales de todos los diferentes sensores del motor.

Contiene la programación de los mapas de funcionamiento del motor, tarado de protecciones y parámetros específicos de la aplicación del cliente.

11.2 Módulo de sensores de combustión (Integrated Combustion Sensing Module, ICSM)

El Módulo de Sensores de Combustión, recoge y trata las señales tanto de los sensores de combustión de cada cilindro, como de los sensores de temperatura de escape de los mismos y de las salidas de escape de los turbocompresores del motor.

11.3 Sistema de monitorización (Machine Information Display System, MIDS)

El MIDS es un panel habilitado para realizar el control remoto del grupo, para lo cual dispone de una serie de entradas/salidas para señales y comunicaciones con el cuadro de control

Presenta una pantalla LCD para visualización de los principales parámetros de operación,

incluyendo los códigos de diagnóstico del sistema de control.

11.4 Sensores y actuadores

11.4.1 Sensores montados sobre el motor

- Restricción de filtros de aire (derecho e izquierdo)
- Transductor de presión de aire de arranque
- Sensor de temperatura de agua de camisas
- 8 sensores de detonación (1 por cada 2 cilindros)
- Transductor de presión del cárter
- Sensor de temperatura de aceite
- Transductor de presión de aceite en el motor
- 18 pirómetros de escape.
- Sensor del ángulo de avance al encendido
- Captadores magnéticos de velocidad de motor
- Sensor de temperatura de aire de admisión
- Sensor de temperatura de combustible
- Transductor de presión de aire
- Transductor de presión de gas
- Transductor de presión de agua de camisas.

11.4.2 Actuadores

Son tres actuadores hidráulicos Hydrax cuya misión es el control de la relación aire/combustible y la velocidad de giro en función de los parámetros medidos por el GECM y los parámetros programados en el módulo de personalidad o en las entradas del cliente tales como % de carga y el poder calorífico del gas. Controlan la entrada de combustible, la

mariposa del aire de admisión y el by-pass de gases de escape a los turbos.

11.5 Caja de terminales del motor.

La Junction Box, montada en el lado derecho del motor.

Contiene los regleteros donde van cableados los diferentes sensores del motor así como los controles electrónicos del mismo. En la puerta existe una seta de parada de emergencia.

11.6 Relés, solenoides e interruptores

Propios del sistema de control del motor.

11.7 Cableado

De todos los componentes del motor. Se suministra un cable de 6 m de longitud para la interconexión entre la caja de terminales del motor y el panel de control del MIDS. Esto implica que el panel MIDS queda ubicado en la sala de motores. Existen cables de interconexión de mayor longitud (15 m.) pero su elección implica un costo adicional.

12 CUADRO DE CONTROL, PROTECCION, MANIOBRA Y ACOPLAMIENTO CON RED.

El cuadro de control estará formado por los paneles de control, uno por cada grupo, el panel de control común, el de equipos auxiliares y el panel local de cada uno de los grupos. Su descripción, funcionalidad y límite de suministro quedan detallados a continuación.

12.1 Carpintería metálica

Con el fin de homogeneizar el tamaño y acabado global de todos los paneles que conforman el conjunto de cuadros, las características de los mismos cumplen las siguientes condiciones dimensionales y de diseño:

- Construido en chapa de acero de 1.5 mm de espesor y puertas frontales abatibles de 2 mm con bisagras, cierres de aldabilla con llave en su lado izquierdo y juntas de neopreno con protección contra oxidación por desengrasado, imprimación y pintura al horno en color gris RAL 7032.
- Grado de protección IP-44.
- Chapas desmontables en el suelo para entrada de cables..
- Cáncamos de elevación.
- Preparado para apoyo directo sobre su base (sin anclajes).
- Acceso frontal, conexión a bornas por su parte inferior y montaje de elementos de control, mando, medida y señalización en las puertas del mismo.
- Dimensiones: 2000x800x800 mm (cada panel).

12.2 Control

Equipado con un autómata programable, consta de 4 puertos RS-232 de comunicación totalmente configurables, estando uno de ellos disponible para la comunicación con el posible control distribuido de la planta del cliente.

Como terminal gráfico de operador se incluye una pantalla táctil monocroma de 9" para el mando, control y visualización de alarmas, estados, parámetros de programación y medida así como el diagrama unifilar eléctrico de la planta.

Sus principales funciones son:

- Control de carga generada.

- Temporizaciones y ajustes de operación.
- Control de detarajes de potencia.
- Control del factor de potencia en la interconexión con red.
- Sincronización.
- Arranque remoto en cogeneración.
- Control del relleno automático de aceite limpio.
- Sistema de escrutación de gases de escape.
- Maniobra de la secuencia de operación de equipos auxiliares.
- Medida de parámetros.

Nota: Queda excluido del suministro el protocolo de comunicaciones con el sistema SCADA del cliente.

12.3 Protección

Incluye las siguientes alarmas y paradas:

12.3.1 Motor

Alarmas: suponen la señalización óptica y acústica de la condición de alarma.

- Alarma general del GECM del motor.
- Alarma por bajo nivel de aceite.
- Alarma por alto nivel de aceite (implica el cierre de la válvula solenoide).
- Alarma por alta temperatura en el colector de admisión.
- Alarma por baja temperatura de agua de camisas.

Paradas: suponen la señalización óptica y acústica de la condición de parada, desconexión del disyuntor del grupo, parada del motor e inhibición del arranque.

- Parada general del GECM del motor.
- Parada de emergencia.
- Parada por alta presión de gas.
- Parada por baja presión de gas.
- Parada por alta temperatura de admisión.
- Parada por muy bajo nivel de aceite.
- Parada por sistema de escrutación de gases de escape.

12.3.2 *Generador*

Alarmas: suponen la señalización óptica y acústica de la condición de alarma.

- Alarma por alta temperatura de devanados.
- Alarma por alta temperatura de cojinetes.

Alarmas con desconexión del disyuntor de grupo: suponen la señalización óptica y acústica de la condición de alarma, la desconexión del disyuntor y desexcitación del generador.

- Alarma de muy alta temperatura de devanados.
- Alarma por tensión de generador fuera de límites.
- Alarma por frecuencia de generador fuera de límites.
- Alarma por potencia inversa reactiva.
- Alarma del regulador de tensión DECS.

Paradas: suponen la señalización óptica y acústica de la condición de parada, desconexión del disyuntor del grupo, parada del motor e inhibición del arranque.

- Parada por muy alta temperatura de cojinetes del generador.
- Parada por sobrecarga/cortocircuito.
- Parada por protección diferencial.
- Parada por potencia inversa.

12.3.3 *Generales*

Alarmas: suponen la señalización óptica y acústica de la condición de alarma.

- Alarma por disparo de protecciones de auxiliares.
- Alarma de fallo de sincronización.
- Alarma por baja tensión de baterías DC.
- Alarma por fallo del PLC.
- Alarma por bajo nivel de aceite limpio en tanque de diario.
- Alarma de alta presión diferencial del filtro de la rampa de gas.
- Alarma por baja presión de aire comprimido en botellas.
- Alarma por alta presión de aire comprimido en botellas (implica parada de compresores).
- Alarma por fallo de alimentación de servicios auxiliares.
- Microcorte de red (implica desconexión del disyuntor de red).

Paradas: suponen la señalización óptica y acústica de la condición de parada, desconexión del disyuntor de grupo, parada de motor e inhibición de arranque.

- Parada remota por fallo de equipos auxiliares del cliente (distintas consideraciones).
- Parada por fallo del PLC.

Nota: Queda abierta la posibilidad de ocasionar una parada remota del grupo por requerimientos de los sistemas auxiliares del cliente tales como: alta presión en caldera de recuperación de gases de escape, escape de gas en la sala, falla de alimentación a equipos auxiliares, posición incorrecta de la válvula de by pass de gases de escape, etc.

En función de la gravedad del evento, se puede desencadenar una señalización óptica y acústica, una señalización óptica y acústica con desconexión del interruptor del grupo y posterior ciclo de enfriamiento o una señalización óptica y acústica con desconexión del disyuntor de grupo, parada del grupo y bloqueo de arranque.

Estas condiciones serían tratadas por el cuadro de control en base a la recepción de contactos libres de tensión de cada una de las situaciones anteriormente descritas.

12.4 Medida

12.4.1 Motor

Independientemente de la medida local que aparece en el panel MIDS, se miden los siguientes parámetros a través del terminal gráfico de operador:

- Temperatura de agua a la entrada y salida del circuito de alta temperatura.
- Temperatura de agua a la entrada y salida del circuito de baja temperatura.
- Temperatura de aceite de lubricación.
- Temperatura de aire en el colector de admisión.
- Temperaturas de gases en cilindros y en los colectores de escape después de los turbos.

12.4.2 Generador

La relación de los parámetros eléctricos a medir es:

- Parámetros eléctricos del grupo a través de multimedidor/analizador de redes.
- Temperatura de devanados del generador.
- Temperatura de cojinetes del generador.

12.4.3 Auxiliares

A modo de miscelánea, se tiene la siguiente relación de parámetros medidos:

- Intensidad de carga de baterías.
- Tensión de carga de baterías.
- Parámetros eléctricos de la red a través de multimedidor/analizador de redes.

- Parámetros eléctricos de tensión de auxiliares a través multimedidor/analizador de redes.
- Brazo de sincronización completo.

12.5 Maniobra y acoplamiento

El funcionamiento remoto del cuadro está condicionado al intercambio entre el cuadro de control y el sistema del cliente de una serie de señales. Tanto el tipo de señales, como la secuencia de recepción/envío de las mismas se detalla a continuación:

- Con los grupos parados y el cuadro de control en modo AUTOMATICO, éste permanece a la espera de recibir una orden de arranque remota.
- Una vez que el sistema de programación horaria del cliente considera que la planta debe iniciar su proceso de arranque, éste debe activar tantos contactos libres de tensión independientes como grupos tenga la planta o grupos que se desee arrancar. La recepción de la orden de arranque será por contacto cerrado permanente. La apertura de este/os contacto/s provoca la parada controlada de el/los grupo/s.
- Una vez recibidas la/s señal/es de petición de arranque automática/s, el cuadro de control devuelve el/los enterado/s de la/s petición/es de arranque remota/s a través de el/los cierre/s de contacto/s libre/s de tensión para que el sistema del cliente ponga en marcha los correspondientes servicios auxiliares necesarios para el funcionamiento de el/los grupo/s.
- Una vez puestos en marcha estos servicios y siempre y cuando no tengan ningún problema, el sistema del cliente envía otro/s contacto/s libres de tensión cerrado/s para informar que todo está listo para el arranque. En ese momento es cuando realmente se desencadena el arranque de el/los grupo/s.
- Si durante el funcionamiento normal de el/los grupo/s se produce un problema en el/los sistema/s auxiliares del cliente que repercutan en el normal funcionamiento de los mismos, el cuadro de control está preparado para recibir tres contactos libres de tensión cerrados que desencadenen las siguientes acciones:
 1. Señalización óptica y acústica.
 2. Señalización óptica y acústica y parada controlada.
 3. Señalización óptica y acústica, desconexión de el/los disyuntor/es de grupo/s y posterior ciclo de enfriamiento.
 4. Señalización óptica y acústica, desconexión de el/los disyuntor/es de grupo/s y para de el /los mismo/s.

12.6 Auxiliares

Para la alimentación de servicios auxiliares, el cliente debe proporcionar la alimentación trifásica (más neutro) de 400 VAC, 50 Hz necesaria en bornas del panel de servicios auxiliares. Desde dicho panel Finanzauto realiza la distribución de tensión de alimentación a los consumidores auxiliares especificados en el alcance de suministro.

El consumo por grupo de los equipos auxiliares, a efectos del dimensionamiento de la potencia y sección de cables necesarios para suministrar la tensión de auxiliares, se resume en la tabla de consumos adjunta.

Elemento	Monofásica / trifásica	Tensión (VAC)	Intensidad (A)	Potencia (KW)
Resistencia caldeo JW	III	400	-	30
Resistencia caldeo gen.	I	230	-	3
Compresores	III	400	-	15
Bomba prelubricación	III	400	-	1,25
Bomba vaciado cárter	III	400	-	1,5
Bomba de aditivos	III	400	-	0,75
Cargador de baterías	III	400	1,5	-

El momento de consumo máximo de potencia de auxiliares se produce a motor parado ya que coinciden la conexión del caldeo de JW, la anticondensación del generador y el cargador de baterías. La simultaneidad del resto de las cargas es muy variable y depende básicamente de los procesos de arranque y mantenimiento.

12.7 Señalización

Independientemente de las señales que el cuadro de control da al exterior (sistema del cliente) a través de contactos libres de tensión y puerto de comunicaciones; éste necesita recibir del sistema del cliente la siguiente relación de señales para poder desarrollar con satisfacción toda la funcionalidad anteriormente descrita.

- Contactos libres de tensión del estado de el/los disyuntor/es de grupo/s.
- Contactos libres de tensión del estado del disyuntor de red.
- Contactos libres de tensión del estado de el/los seccionadores de el/los grupo/s.
- Contactos libres de tensión de las protecciones voltimétricas agrupadas de red.
- Contactos libres de tensión de las protecciones amperimétricas agrupadas de red.

- Contactos libres de tensión del teledisparo.
- Contactos libres de tensión del estado de los seccionadores situados en las líneas de exportación de energía.
- Bornas de acceso a las bobinas de apertura, cierre y mínima de el/los disyuntor/es de grupo/s.
- Bornas de acceso a las bobinas de apertura, cierre y mínima del disyuntor de red.
- Señales de los trafos de tensión $x/110$ VAC aguas arriba y abajo de el/los disyuntor/es de grupo/s para maniobra de sincronización.
- Señales de los trafos de tensión $x/110$ VAC aguas arriba y debajo del disyuntor de red para maniobra de sincronización.
- Señales de los trafos de tensión $x/110:\sqrt{3}$ VAC, clase 0.5, 20 VA aguas arriba del disyuntor de red.
- Señales de los trafos de intensidad $x/5$ A, clase 0,5, 20 VA aguas abajo del disyuntor de red.
- Señal de los trafos de intensidad $x/5$ A, 5P10, 20 VA a la salida del generador o del transformador elevador de potencia para realizar la protección diferencial.

12.8 Guía de instalación

- La sala de control donde quede ubicado el cuadro de control debe estar perfectamente refrigerada y ventilada a efectos de evitar sobrecalentamientos y condensaciones de humedades.
- La planta de apoyo de cada uno de los paneles es de 800x780 mm (ancho x fondo) a efectos de dimensionamiento de zócalos adicionales en salas de control con falso suelo.
- Las canalizaciones de control y potencia deben ir independientes a lo largo de todo su recorrido a fin de evitar interferencias electromagnéticas.
- La instalación eléctrica de control de los equipos incluidos en el alcance de suministro esta considerada para una distancia máxima de 25 metros y queda incluida en el alcance de suministro global.

13 VENTILACIÓN

13.1 Ventilación de la sala

Cálculo del caudal de aire necesario:

El caudal de aire de ventilación deberá calcularse de la siguiente forma:

$$V_v = \frac{Q_v}{C_p \cdot \rho \cdot \Delta t} \cdot 3600 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

Siendo:

- QV: potencia térmica a disipar (kW)
- Cp: calor específico del aire (kJ/kg°C)
- ρ : densidad del aire (kg/m³)

Las potencias térmicas a disipar son:

- Potencia térmica máxima irradiada por el alternador: 84 kW
- Potencia térmica irradiada por el motor: 301 kW (\pm 50%)

El salto térmico recomendado es 10°C

Considerando Cp:0,017 kW.min/kg.K y ρ 1,099 kg/m³, el caudal de ventilación necesario es de 123.642 Nm³/h. Al caudal de aire obtenido, hay que añadir el requerido por la admisión, 18.540 Nm³/h. Así, el caudal a proporcionar por el sistema de ventilación de la sala deberá ser 142.182 Nm³/h (calculado sin tolerancias).

1. La entrada de aire debe situarse en la parte baja de la sala y de forma que, en primer lugar se refrigere el alternador y posteriormente el motor, situando las salidas de aire en posición cenital, en el lado opuesto de la sala.
2. En salas con varios motogeneradores, el flujo de la ventilación ha de seguir la dirección de los ejes de los motores y el caudal debe repartirse equitativamente para una eliminación uniforme del calor generado por los motogeneradores.

13.2 Ventilación del cárter

- Caudal de vapores del cárter: 151 m³/h
- Máximas pérdidas de presión admisibles en el sistema: 13 mm c.a.
- El diseño y la instalación del sistema de ventilación del cárter son suministro de FINANZAUTO, S.A. Deberá preverse una abertura en el edificio para permitir el acceso al exterior de la tubería de ventilación.

14 SISTEMA DE MONTAJE

El montaje del motor - acoplamiento elástico - alternador se lleva a cabo en las instalaciones de Caterpillar. Igualmente se lleva a cabo el montaje del volante, el protector del volante, el damper y el protector del damper.

14.1 Bancada de acero común motor-alternador

Mantiene la alineación entre el motor y el alternador durante el normal funcionamiento. La bancada es de una sola pieza rígida de acero. Posee tres puntos de apoyo.

14.2 Tacos antivibratorios

Ocho tacos de muelles distribuidos en tres puntos de apoyo para el asentamiento del motor sobre la bancada de hormigón del cliente. No es necesario anclaje a la bancada de hormigón.

14.3 Guía de instalación

El motogenerador debe reposar sobre una bancada de hormigón cuyo diseño ha de cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

- La mezcla de hormigón mínima será 1:2:3 de cemento, arena y material inerte
- Las dimensiones mínimas serán:
 - Largo = longitud total de la bancada del motogenerador + 305 mm en ambos lados
 - Ancho = anchura total de la bancada del motogenerador + 305 mm en ambos lados
 - Alto = $\text{Peso (kg)} / [\text{densidad del hormigón (kg/m}^3\text{)} \times \text{largo (m)} \times \text{ancho(m)}]$

Se adjunta plano con dimensiones de bancada, considerando como densidad media del hormigón 2.402,8 kg/m³.

- La bancada debe reforzarse con red de redondos de acero de 15 situada horizontalmente con distancias entre centros de 152,4 mm o bien de 20 con distancias entre centros de 304,8 mm. La red se dispondrá a una profundidad de 76 mm bajo la superficie de la bancada.

- Puede tratarse de bancada semiflotante con aislamiento en las paredes laterales de 2 pulgadas de espesor o de bancada flotante, cuando también se recubre con aislamiento la base de ésta. En ambos casos la bancada debe reposar sobre una plataforma de 203 a 254 mm de grava o arena húmeda apisonada.
- Para lograr una alineación correcta y duradera, se puede disponer placas de anclaje de acero sobre las que descansen los puntos de apoyo del motogenerador. Dichas placas de anclaje, deben embutirse en la bancada de hormigón. También se puede dar un acabado en hormigón pulido con helicóptero
- No es necesario anclar con pernos los apoyos del motogenerador.
- El máximo desnivel admitido en todos los puntos de la superficie de hormigón es de 6,35mm. La superficie sobre la que reposen los tacos antivibratorios debe ser lisa.
- En instalaciones con dos o más motores, la distancia mínima recomendada entre ejes de motores es de 5 metros.

15 HERRAMIENTAS Y SERVICIO

15.1 Virador del volante

Con una reducción de par de 50:1. Para rotar el cigüeñal en las diferentes operaciones de mantenimiento. Seguridad para impedir el arranque del motor cuando el virador está engranado. Localizado en el lado derecho, parte posterior del motor.

15.2 Caja de herramientas

El suministro del motor incluye la caja de herramientas Stahlwille, compuesta de los siguientes elementos:

Nº ORDEN	DESCRIPCION
1	Juego llaves comb. 1/4" - 1 1/4" (20P.)
2	Juego autocle 1/2"
3	Lima media caña
4	Lima plana Stahlville
5	Mordaza vise-grip 10"
6	Llaves Allen Pulgadas OTC
7	Barra de uña OTC
8	Martillo nylon 50 mm. Stahville
9	Martillo 11/2 lb. 350 mm.
10	Juego de galgas Stahlwille
11	Juego 3 alicates c/bandeja
12	Juego de destornilladores Stahlwille
13	Cofre p/herramientas 5 cajones con ruedas
14	Llave inglesa 5/8"

Se suministra una caja de herramientas por cada instalación.

15.3 Herramientas especiales para motores de la familia G3600

Se suministran las siguientes herramientas especiales (una por cada instalación):

- Llave de bujías
- Limpiador de bujías
- Herramienta para reglaje de válvulas
- Herramienta para el mantenimiento del by-pass de gases de escape

15.4 Pasarelas de servicio del motor

Una plataforma a cada lado del motor, de dimensiones aproximadas 600 mm de ancho, 5000 mm de longitud y 1700 mm de alto. Se adaptarán según disposición de la sala. Construidas en perfiles metálicos y trámex en cuadrícula 30 x 30 mm, 30 mm de alto. Incluye barandilla desmontable en tubo de acero y escaleras. Permite el acceso a la parte alta del motor.

16 OPCIONALES

A continuación se describen las características de aquellos elementos no incluidos en el estándar pero que pueden incluirse en el suministro bajo petición del cliente.

16.1 Sistema de admisión

16.1.1 Conductos de admisión de aire y pasarela de acceso a los filtros

- Conductos de aluminio que unen los alojamientos de los filtros con la entrada de aire a los turbos mediante juntas flexibles de goma y abrazaderas. Suministro y montaje.
- Una plataforma corrida para todas las unidades de filtración. Situada a 1,70 metros de altura libre aproximadamente. Construida en perfiles metálicos y tramex en cuadrícula de 30 x 30 mm, 30 mm de alto. Incluye barandilla en tubo de acero y escaleras.

16.2 Sistema de escape

16.2.1 Silencioso de escape

Silencioso Stopson Smd-40 DN700. Entrada radial o axial y salida axial. Características:

- Atenuación: 40 dB(A)
- Pérdida de carga para el 100% de carga del motor: 120 mm.c.a.
- Dimensiones y pesos aproximados: - Peso: 1.640 kg
 - Diámetro máximo: 1.515 mm
 - Longitud total: 5.600 mm

El suministro incluye contrabridas, juntas y tornillos.

El montaje y aislamiento térmico del silencioso de escape correrá a cargo del cliente y deberá ajustarse a lo indicado en la guía de instalación del sistema de escape.

16.2.2 Pantalón de escape

Pantalón para conexión de escape en chapa de acero al carbono de 2 mm de espesor.

El montaje y aislamiento térmico del pantalón de escape correrá a cargo del cliente y deberá ajustarse a lo indicado en la guía de instalación del sistema de escape.

16.3 Sistema de lubricación

16.3.1 Bomba neumática de prelubricación

En caso de requerir funcionamiento en emergencia del grupo motogenerador, se suministrará una bomba neumática de prelubricación y postlubricación. La bomba está accionada por el sistema de arranque neumático y está montada sobre motor, incluyendo tuberías y conexiones.

La inclusión de esta bomba neumática supondrá reestudiar el dimensionamiento de los compresores y botellas de aire indicado en el apartado 8.2.

16.4 Sistema de monitorización, protección y control del motor

16.4.1 CCM

Customer Communication Module. Puerto serie 232 para la adquisición de datos del ECM en el PLC del cuadro de control.

17 NORMATIVAS, CALIDAD Y SEGURIDAD

17.1 Aislamientos térmicos y acústicos

17.1.1 Aislamiento térmico:

Los flexibles y expansores de escape suministrados por FINANZAUTO, S.A. irán aislados mediante mantas aislantes a medida.

17.1.2 Aislamiento acústico:

Para lograr un aislamiento acústico adecuado, el cliente deberá prever la instalación de aislamiento acústico en la admisión y extracción de aire así como en paredes, puertas y ventanas de la sala de máquinas. En el apartado 1.3. se indican los niveles sonoros por octavos de frecuencia

17.1.3 Vertidos y efluentes

Para facilitar los cambios de aceite se recomienda que el cliente disponga de un depósito capaz de albergar el aceite sucio hasta su recogida por una empresa autorizada.

Ver apartado 4.3.2 para nivel de emisiones.

17.2 Electricidad

La instalación y los componentes eléctricos suministrados cumplirán el Reglamento de Alta y Baja Tensión.

17.3 Acabados

La pintura de los equipos se determinará en función del sistema al que pertenezca dicho equipo.

17.4 Protecciones y seguridad

Todas las piezas móviles irán perfectamente protegidas para evitar posibles accidentes cumpliendo en todo momento las normativas de seguridad en el trabajo.

17.5 Normativa y calidad

Los equipos se suministran de conformidad con la normativa y reglamentación vigentes. Todos los equipos G3600 disponen de certificado de incorporación del motogenerador conforme a la directiva europea 98/37/EC, artículo 4.2, apéndice II, sección B. Todos los materiales, accesorios y equipos serán nuevos y de marcas de primera línea en el mercado. Todos los elementos Caterpillar tienen la garantía de su origen: fabricación según certificado de calidad ISO-9001.

18 PRUEBAS EN FÁBRICA

Todos los motores G3600 son probados en banco comprobándose el consumo de combustible al 100 %, 75 % y 50 % de carga a 1000 rpm.

FINANZAUTO, S.A. entregará una copia de los resultados de las pruebas realizadas.

19 TRANSPORTE, DESCARGA Y ASENTAMIENTO

19.1 Protecciones para el transporte y almacenamiento

Compuesto por plástico protector y lona impermeable para protección del conjunto motor-alternador. Proporciona aproximadamente un año de protección en el exterior contra humedad, sol y viento.

19.2 Descarga y asentamiento

Puesto en obra sobre camión. El asentamiento no está dentro de este alcance de suministro.

20 DOCUMENTACIÓN

Se suministrará la siguiente documentación a la entrega de los equipos y finalización de la puesta en marcha:

- Libro de servicio incluyendo la guía de operación y mantenimiento del motor Caterpillar.
- Libro de despiece del motor Caterpillar.
- Manual técnico en el que se incluyen los planos definitivos del motogenerador, literatura, lista de repuestos y planos del alternador Kato.
- Un juego de planos preliminares y finales por motor de las vistas superior, derecha, izquierda, huella de la bancada, lista de puntos de conexión del cliente, esquema de refrigeración y planos de elementos sueltos de Caterpillar.
- P&ID de sistemas auxiliares
- Certificado de pruebas del motogenerador y otros suministros
- Manuales de operación, servicio y mantenimiento

Asimismo, se suministrará la documentación técnica de los siguientes equipos:

- Sistema de escape
 - Silencioso de escape (opcional)
- Sistema de refrigeración
 - Bombas de aditivos
 - Tanques de aditivos
- Sistema de lubricación
 - Bombas de vaciado del cárter
 - Tanque de aceite del cárter
- Sistema de combustible
 - Rampa de gas
- Sistema de aire de arranque
 - Botellas de aire de arranque
 - Compresores de aire de arranque
- Sistema de control
 - Cuadro de control
 - Mapas de memoria y programación del PLC

21 PUESTA EN MARCHA

Tanto Finanzauto como Caterpillar consideran prioritaria la realización de una buena puesta en marcha de todos sus equipos, por lo que disponemos de técnicos perfectamente cualificados para este cometido.

Con cada unidad de gas que Finanzauto suministra, está prevista la asistencia a la puesta en marcha de un equipo compuesto, como mínimo, por un técnico especialista en motogeneradores de gas y un mecánico, que realicen las comprobaciones necesarias en la instalación de todos aquellos suministros de Finanzauto, en especial los relacionados con equipos auxiliares suministrados por otros.

Los especialistas de Finanzauto son expertos en mecánica, electricidad, combustibles, etc.

Para la puesta en marcha, Finanzauto ha previsto la asistencia durante un periodo total de 4 semanas, del equipo técnico.

En el supuesto de que debido a algún defecto del equipo Caterpillar o cualquier otro suministro de Finanzauto, fuese necesaria la asistencia de personal extraordinario o por un periodo de tiempo superior del previsto en el párrafo anterior, Finanzauto emplearía los medios humanos y técnicos precisos en el tiempo necesario para lograr una entrega conforme a las condiciones establecidas en esta especificación.

Si por causas ajenas a los equipos Caterpillar u otros suministros de Finanzauto, fuese necesario ampliar el periodo de puesta en marcha, el cliente deberá aceptar el costo que suponga la estancia y desplazamientos de nuestros técnicos a la obra durante el periodo de tiempo solicitado.

Igualmente, en las puestas en marcha de los motores G3600, se prevé la asistencia de personal técnico cualificado para revisar los elementos de la instalación y verificar los parámetros iniciales.

No se comenzará a realizar las pruebas hasta que se disponga de gas y del permiso correspondiente de la compañía para el acoplamiento y finalización de los equipos ajenos a Finanzauto.

Las fases de la puesta en marcha propuestas son:

21.1 Prueba en continuo

Funcionamiento del suministro según la forma prevista dando las prestaciones durante un periodo de 24 h. Superada esta prueba se considerará que el suministro está preparado para el

inicio de su explotación para lo cual es imprescindible la firma por parte del cliente y personal autorizado de FINANZAUTO, S.A. de la garantía del fabricante. Igualmente este hito quedará consignado en un acta a firmar entre FINANZAUTO, S.A. y la Dirección Facultativa del cliente. A partir de finalizada la prueba en continuo entrará en vigor el contrato de mantenimiento en el supuesto de que el cliente lo tuviese suscrito con FINANZAUTO, S.A.

21.2 Pruebas Conjuntas de Funcionamiento

Prueba de la instalación completa durante un periodo de dos semanas en las que se trabajará a la capacidad especificada en el diseño del sistema. Durante estas pruebas estarán presentes todas las partes implicadas en la instalación, asumiendo cada una de ellas la responsabilidad que le corresponda.

Durante la primera semana se permitirá a FINANZAUTO, S.A. la realización de paradas para ajustes y reparaciones. Si durante la segunda semana hubiesen paradas achacables al suministro de FINANZAUTO, S.A., se prolongaría la prueba en un periodo igual al de parada.

21.3 Prueba de prestaciones

Durante la prueba de 24 horas se llevará a cabo una prueba de comprobación de los valores de garantía según protocolo realizado por FINANZAUTO, S.A. y aprobado por el cliente.

21.4 Recepción provisional

Tendrá lugar a la conclusión de las pruebas conjuntas de funcionamiento y se firmará por FINANZAUTO, S.A. y el cliente en el correspondiente documento.

21.5 Aceptación Definitiva de la Instalación

Un año después a la recepción provisional, de forma automática.

22 Adiestramiento del personal del cliente

Durante las pruebas conjuntas de funcionamiento, el personal de adiestramiento de FINANZAUTO, S.A. impartirá un curso de adiestramiento en español al personal de la instalación para el manejo de los equipos y conocimiento básico del funcionamiento cuya duración, 20 horas, es la normal estimada por nuestros formadores del Centro de Adiestramiento y Formación.

23 GARANTÍA CATERPILLAR: GRUPOS ELECTRÓGENOS

(En vigor con las ventas realizadas a partir del 1 de enero de 1997).

Caterpillar garantiza que los siguientes productos que vende para ser utilizados como motogeneradores carecen de defectos de material y de fabricación.

Se aplica a motores nuevos, motores del Programa MCE (Major Component Exchange), y motores Reconstruidos.

Esta garantía está sujeta a los siguientes términos y condiciones:

23.1 Periodo de Garantía

El período de garantía que a continuación se indica se aplicará de acuerdo con lo que primero se produzca una vez hecha la entrega al primer propietario.

- Motores nuevos utilizados en motogeneradores y equipos generadores de energía eléctrica: 12 meses (24 meses para generadores auxiliares).

23.2 Obligaciones de Caterpillar

Si durante el período de garantía se descubre un defecto de material o de fabricación, Caterpillar, durante el horario laboral habitual y en un centro de trabajo de uno de los agentes de Caterpillar o en otro centro autorizado por Caterpillar:

- Suministrará (a elección de Caterpillar) las piezas nuevas, MCE, reconstruidas o reparadas bajo autorización de Caterpillar o los componentes montados que sean necesarios para corregir este defecto.

Nota: Las piezas sustituidas bajo esta garantía pasan a ser propiedad de Caterpillar.

- Correrá con la mano de obra justificada y habitual necesaria para corregir el defecto, incluida la mano de obra necesaria para desconectar y volver a conectar la unidad al equipo al que va montada, así como sus elementos de anclaje y sujeción, si fuera necesario.

- Correrá con los gastos de desplazamiento justificados de los mecánicos autorizados, comprendiendo comidas y alojamiento y kilometraje cuando Caterpillar decida que la reparación se realice in situ.
- Sustituirá aceite lubricante, filtros, anticongelante y otros materiales de mantenimiento que este defecto haya dejado inutilizables.

23.3 Obligaciones del Cliente

Las obligaciones del cliente son:

- Mano de obra que no esté explícitamente incluida entre las "Obligaciones de Caterpillar", lo que abarca la mano de obra que no sea estrictamente necesaria para desconectar y volver a conectar la unidad al equipo al que va montada, así como sus elementos de anclaje y sujeción.
- Gastos generados por el transporte de la unidad o el equipo en que se encuentra instalada.
- Gastos de desplazamiento no incluidos entre las "Obligaciones de Caterpillar".
- Gastos de envío de piezas que no sean las normales y habituales.
- Impuestos locales, cuando sea oportuno.
- Gastos generados por la investigación de quejas, a menos que el problema haya sido consecuencia de un defecto de material o de fabricación de Caterpillar.
- Notificar a tiempo de una avería amparada por garantía y poner rápidamente la unidad a la disposición de las personas encargadas de repararla.

23.4 Restricciones

Caterpillar no se hace responsable de las averías ocasionadas por:

- Una instalación o aplicación que Caterpillar considere inadecuadas.
- Accesorios, implementos o piezas que no haya vendido Caterpillar.
- Mal uso, descuido y/o reparación incorrecta.
- Demora injustificable del cliente a la hora de poner la unidad a la disposición de las personas encargadas de repararla, una vez informado de un posible problema en esa

unidad.

NI ESTA GARANTÍA NI CUALQUIER OTRA GARANTÍA CATERPILLAR EXPLÍCITA NI IMPLÍCITAMENTE INDICA QUE SE APLICARA A LOS PRODUCTOS QUE VENDA CATERPILLAR, PERO CUYO FABRICANTE YA CONCEDA GARANTÍA POR ELLOS A SU PROPIETARIO.

ESTA GARANTÍA SUSTITUYE EXPRESAMENTE CUALESQUIERA OTRAS GARANTÍAS EXPLÍCITAS O IMPLÍCITAS, INCLUIDA TODA GARANTÍA DESTINADA A LA IDONEIDAD DE LA UNIDAD PARA EL MERCADO O SU APTITUD PARA LOS USOS A QUE SE LE DESTINA. LAS COMPENSACIONES A QUE OBLIGA ESTA GARANTÍA SE LIMITAN AL SUMINISTRO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA, TAL COMO SE EXPRESA EN ESTE DOCUMENTO. CATERPILLAR NO SE HACE RESPONSABLE DE DAÑOS Y PERJUICIOS FORTUITOS O DERIVADOS.

La denominación "Caterpillar", tal como se emplea en este documento, se refiere a Caterpillar Inc. o a una de sus subsidiarias, a excepción de Caterpillar of Australia Ltd., cualquiera que haya sido la última en vender el producto en cuestión.

El material que viene con el motor incorporado de fábrica está sujeto a la misma que material Caterpillar.

Material que incorpora FINANZAUTO, S.A. a la unidad.

23.5 Término de garantía

La que indique el fabricante y se tramita a través de FINANZAUTO, S.A..

- a) Forma de tramitación el cliente reclama a la base y ésta lo soluciona bien a través de sus medios o directamente al fabricante.
- b) El cliente reclama directamente al distribuidor local del producto indicándole a que unidad pertenece.

24 LIMITES DE SUMINISTRO

- Sistema de escape:
 - Brida del pantalón de escape del motor
 - Contrabridas de entrada y salida del silencioso de escape
- Circuito primario de alta temperatura:
 - Bridas de las conexiones flexibles situadas a la entrada y salida del motor
 - Conexión de salida del tanque de aditivos
 - Conexión de entrada y salida de la bomba de aditivos
- Circuito primario de baja temperatura:
 - Bridas de las conexiones flexibles situadas a la entrada y salida del motor
- Sistema de lubricación
 - Conexión de entrada del tanque de aceite diario
 - Brida de la válvula de aislamiento del colector de impulsión de las bombas de vaciado del cárter
- Instalación de venteo del cárter
 - Hasta el exterior del edificio
- Sistema de combustible
 - Rampa de gas: brida de entrada y salida, válvula de purga del filtro de gas y barboteador
 - Brida de la conexión flexible de entrada al motor
- Sistema de aire comprimido:
 - Válvula de aislamiento del colector de aire de instrumentación

25 ANEXOS

Se adjuntan a continuación los siguientes planos:

- FG4000-01 Vista lateral derecha
- FG4000-02 Vista frontal y posterior
- FG4000-03 Vista lateral izquierda
- FG4000-04 Vista en planta
- FG4000-05 Huella de bancada
- FG4000-06 Bancada de hormigón
- FG4000-07 P&ID Refrigeración, gas natural y escape
- FG4000-08 P&ID Aceite y gases del carter
- FG4000-09 P&ID Aire comprimido