



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**ESTUDIO TÉCNICO SOBRE
PLANTA DE GENERACIÓN
ELÉCTRICA BASADA EN MOTORES
DIÉSEL 116MW**

Alumno: Yassine Afkari

Tutor: Prof. D. Manuel Ortega Armenteros
Depto.: Ingeniería Eléctrica

Julio, 2020

ESTUDIO TÉCNICO SOBRE PLANTA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA BASADA EN MOTORES DIÉSEL 116MW

Afkari Yassine

Grado en Ingeniería Eléctrica

D. Manuel Ortega Armenteros

Departamento de Ingeniería Eléctrica

INDICE

1.Resumen	1
2.Introducción.....	2
3.Objetivo del trabajo	4
3.1. Ubicación.....	4
3.2. Normas y reglamento aplicable	5
4.Materiales y Métodos	6
4.1 Descripción DE LA CENTRAL Diésel.....	6
4.2-Funcionamiento de la central:	7
4.3 funcionamiento de grupo Diésel	8
4.3.1. Descripción del motor diésel	8
4.3.2. Características técnicas del motor diésel WARSILA 18V46	9
4.3.3. ciclo operativo del motor de 4 tiempos.....	9
4.4. Generador de la central Diésel.....	13
4.5. Transformadores de la central Diésel	14
4.5.1. Los Transformadores elevadores AT.....	14
4.5.2. los transformadores de servicio auxiliar:	15
5. Los Sistemas Auxiliares de la central	16
5.1-Sistema de combustible.....	17
5.1.1- Almacenamiento y tratamiento de combustible	17
5.1.2- Circuito de combustible	18
5.1.3-Circuito de trasiego de combustible	19
5.1.4. Módulo de alimentación del combustible.....	23
5.1.5. Instrucciones de explotación del sistema de combustible.....	26
5.2. Sistema de aceite de lubricación.....	30
5.2.1 Descripción del circuito de aceite de lubricación	30
5.2.2 Sistema de prelubricación para motores Diésel	31
5.2.3 Refrigeración de aceite de lubricación	32
5.2.4. Filtros de aceite de lubricación	33
5.2.5. Unidad de separador de niebla de aceite.....	33
5.2.6. Sistema de almacenamiento de aceite de lubricación	34
5.2.7. Sistema de tratamiento de aceite de lubricación	34
5.3. Sistema de agua de refrigeración.....	38
5.3.1. Descripción del circuito de agua de refrigeración	38
5.3.2. circuito de agua de refrigeración	39
5.3.3.los circuitos de refrigeración (AT) y (BT).....	40
5.4. Sistema de tratamiento de agua	44
5.4.1. Descripción del sistema de tratamiento de agua	44
5.4.2. Planta de tratamiento de agua	44
5.4.3. Red de distribución de agua.....	47
5.4.4. Sistema Contraincendios	49

5.5. Sistema de tratamiento de efluentes	53
5.5.1. Descripción del circuito de efluentes.....	53
5.5.2. Circuito de tratamiento de efluentes	53
5.5.3. Recuperación y tratamiento de aguas oleosas.....	54
5.6. Sistema de aire comprimido	58
5.6.1. Descripción de circuito de aire comprimido.....	58
5.6.2. Funcionamiento del circuito de aire comprimido	59
5.6.3. Instrucciones de funcionamiento de circuito de aire comprimido	60
5.7 Sistema de agua sobrecalentada.....	62
5.7.1. descripción del circuito de agua sobrecalentada.....	62
5.7.2. Circuitos de agua sobrecalentada.....	62
5.7.3. Caldera auxiliar	64
5.7.4. Preparación del sistema de generación de agua sobrecalentada en el arranque.....	67
5.8. Sistema de aire de carga y Gases de escape.....	68
5.8.1. Circuito de aire de carga	68
5.8.2. Circuito de gases de escape	69
5.8.3 Instrucciones de uso	70
5.9. Análisis funcional de los turbocompresores de los grupos W18V46	72
5.9.1. Principio básico de los turbocompresores	72
5.9.2. Turbocompresores de los grupos diésel W18V46:	73
5.9.3. Estudio técnico de las TPL76C33:	77
5.9.4. Mantenimiento de los TPL76C33:.....	78
6.Sistema eléctrico de la central (BT/AT):	79
6.1.los transformadores elevadores (AT/MT):	81
6.2. Transformadores de carga	82
6.3. DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA	83
6.4.la subestación de la central	84
6.4.1 Consignación de los transformadores de potencia (TP: 15/60kV).....	85
6.4.2. Registro de los transformadores de carga (TSA: 15/400KV):	86
7.Sistema de control de la central.....	87
7.1 PANELES DE CONTROL	89
7.2. el sistema de supervisión WOIS de la central.....	90
7.3. Modos de funcionamiento de la central:.....	91
7.3.1-Control KW:.....	91
7.3.2. Control de la velocidad de caída:.....	91
7.3.3. Control isócrono:	91
7.4 Arranque y parada del grupo generador	92
7.4.1. Parada normal.....	93
7.4.2. Parada de emergencia	93
7.5. Sincronización	95
7.6. Los autómatas.....	97
7.6.1. La regulación	97

7.6.2. Regulador de velocidad (EL WOODWARD723):	98
7.6.3. EL SERVO-INYECTOR MECÁNICO:	99
7.6.4. Regulador de tensión (ABB Unitrol1000)	101
7.7. Los modos de funcionamiento de la central	102
7.7.1 Red nacional	102
7.7.2. Red separada.....	102
7.7.3. Reacciones del alternador y del motor Diésel en la red y su relación con el flujo de combustible	103
7.8. Resumen global	104
8.El plan de mantenimiento de la central	105
8.1. Introducción.....	105
8.1.1. mantenimiento preventivo	105
8.1.2. mantenimiento correctivo	105
8.2. objetivos de mantenimiento.....	105
8.3. Guía de mantenimiento de la central Diesel	105
8.3.1 Mantenimiento del separador de aceite y combustible	105
8.3.2. Mantenimiento del motor Diesel WARSILA V18W42:	108
8.4. Mantenimiento de los auxiliares mecánicos	114
8.4.1. Bombas de agua de alta temperatura y baja temperatura (AT, BT).....	114
8.4.2. mantenimiento de filtros:	115
8.4.3. Bombas de alimentación:.....	115
8.4.4. válvulas de 3 vías:	116
8.4.5. Mantenimiento de la caldera:	116
8.4.6. mantenimiento del Circuito de lavado de turbocompresores	117
8.5. Mantenimiento de los auxiliares eléctricos.....	117
8.5.1. mantenimiento de los motores eléctricos.....	117
8.6. mantenimiento de la instrumentación industrial de la central.....	120
8.6.1. Unidad de precalentamiento	121
8.6.2. mantenimiento del alternador	121
8.6.3. Mantenimiento de los armarios eléctricos	122
8.6.4. Mantenimiento de la niebla de aceite:	122
8.7. Ensayos y rodaje.....	123
8.7.1. Lectura de los parámetros:.....	124
9-Cuantificación de la energía perdida a nivel de los gases de escape	125
9.1. Introducción.....	125
9.2. Objetivo del estudio.....	125
9.3. Generalidades sobre los gases de escape	125
9.3.1. Circuito de los gases de escape.....	125
9.3.2. El punto de rocío del ácido sulfúrico	126
9.4 El método de cálculo	127
9.5. Cálculo y resultados	130
9.5.1. Para los grupos 18V46.....	130
9.6. Conclusión:.....	131

10. Soluciones de recuperación de la energía perdida	132
10.1. Introducción.....	132
10.2 la cogeneración	132
10.3. la Trigeneración.....	134
10.3.1. El principio de trigeneración	134
10.3.2. La máquina de absorción	134
10.4. Generación de electricidad por ciclo combinado.....	136
10.4.1. Ciclo de rankine de vapor	136
11. Solución para la central Diesel	137
11.1. Introducción.....	137
11.2. Estudio de la situación actual	137
11.3. Ciclo combinado de vapor.....	138
11.3.1. Aplicación de la solución	138
11.3.2. Las ganancias estimadas de la solución.....	139
11.3.3. la reducción de emisiones estimada.....	140
11.3.4. Estudio técnico-económico.....	141
11.4. Ciclo orgánico de Rankine (ORC).....	141
11.4.1. Aplicación de la solución	141
11.4.2. Las ganancias estimadas de la solución.....	142
11.4.3. la reducción de emisiones estimada.....	143
11.4.4. Estudio técnico-económico.....	143
11.5. Elección de la solución	144
12. Conclusión general:	145
13. Anexos.....	146
13.1 Esquema simplificado del funcionamiento de la central	146
13.2 Parámetros de funcionamiento de los grupos	150
13.3 Características del fuel exigidas para el suministro	151
13.4 Características del aceite utilizado para la lubricación de los generadores diésel de la central de Tan-Tan.	153
13.5 Programa de rodaje.....	154
14. Bibliografía	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1- Localización de la central Diésel de TAN TAN.	4
Figura 4. 1-Plan de la central Diésel.....	6
Figura 4. 2-Principio de funcionamiento del central diésel de TAN-TAN. Fuente propia.....	7
Figura 4. 3-Motor WARSILA 18V46. Fuente	8
Figura 4.4- los 4 tiempos del motor Diésel (WARSILA 18V46).	10
Figura 4.4- Diagrama teórico de un motor de 4 tiempos en coordenadas P-V.	11
Figura 4.5- Generador Converteam Ltd 15KV. Fuente propio.....	13
figura 4.6- los tres transformadores tipo siemens 15/60KV.	14
figura 4.7- Transformador auxiliar que alimenta los auxiliares de la central.	15
Figura 5. 1-Sistemas Auxiliares del grupo diésel. Fuente	16
Figura 5. 2- Tanque de gasóleo de 5000 m3.....	17
Figura 5. 3-Tanques de Fuel-oil BIA de 5000m3.	17
Figura 5. 4- El transporte marítimo de cabotaje. propio.....	18
Figura 5. 5- Control principal del circuito de combustible desde la sala de control de la central.	19
Figura 5. 6-Circuito de tratamiento de combustible.	20
Figura 5. 7- circuito simplificado del circuito de combustible. propia.	21
Figura 5. 8-Resumen de la función de módulo de alimentación del combustible.	24
Figura 5. 9-Resumen del funcionamiento del sistema de combustible. Fuente propia.	29
Figura 5. 10-Control principal del circuito de aceite de lubricación desde la sala de control.	31
Figura 5. 11-Circulación de aceite de lubricación.	32
Figura 5. 12-Separador de aceite de lubricación.....	33
Figura 5. 13- Circuito del separador de aceite de lubricación.	34
Figura 5. 14-Sistema de tratamiento de aceite.	35
Figura 5. 15-Esquema de circuito de lubricación.	36
Figura 5. 16-Resumen del funcionamiento del sistema de aceite de lubricación. propio	37
Figura 5. 17-Los radiadores de refrigeración.	38
Figura 5. 18-Sistema de agua de refrigeración. Fuente	39
Figura 5. 19-Circuito de agua de alta temperatura (AT).....	40
Figura 5. 20-Circuito de agua de baja temperatura (BT).....	41
Figura 5. 21-Resumen del circuito de agua de refrigeración.	42
Figura 5. 22-Depósitos de agua bruta y de contra incendio. propia.....	44
Figura 5. 23-Módulo sobrepresión de tratamiento de agua.	45
Figura 5. 24-Diagrama de bloques de una planta de tratamiento de agua.	45
Figura 5. 25-Unidad de tratamiento de agua. propia.	46
Figura 5. 26-Esquema simplificado del circuito de agua tratada.	47
Figura 5. 27-Red de distribución de agua.	48
Figura 5. 28-Circuito de contraincendios.	50
Figura 5. 29-Bombas Diésel contraincendios.....	51
Figura 5. 30-Control principal del sistema de tratamiento de agua y contraincendios desde la sala de control.....	52
Figura 5. 31-Esquema de las fases de aguas oleosas.	54

Figura 5. 32-Recuperación y tratamiento de aguas oleosas. Fuente	55
Figura 5. 33-Circuito principal de todos los procesos de tratamiento de efluentes.	56
Figura 5. 34-Esquema simplificado del circuito de aire comprimido. propia.....	59
Figura 5. 35-Esquema del circuito de aire comprimido.....	61
Figura 5. 36-Calderas de recuperación.	63
Figura 5. 37-Esquema de circuito de agua sobrecalentada.	64
Figura 5. 38-Caldera auxiliar.....	65
Figura 5. 39-Depósitos de vapor. propia	65
Figura 5. 40-Control del sistema de recuperación de calor desde la sala de control.	66
Figura 5. 41-Sistema de aire de carga.....	68
figura 5. 42-Circuito de gases de escape.	69
Figura 5. 43--Sistema de aire de carga.	73
Figura 5. 44-Componentes de TPL76C33.....	75
Figura 5. 45-Componentes del cartucho de TPL76C33.	76
Figura 6. 1- Los transformadores elevadores (AT/MT). propia.	81
Figura 6. 2-Transformador de carga 400V/15KV.	82
Figura 6. 3-Esquema de conexión a la estación eléctrica. propia.	84
Figura 6. 4- Datos del juego de barras. propia.....	84
Figura 6. 5-Esquema sinóptico de la instalación de baja tensión.	85
Figura 7. 2-Esquema sinóptico en el panel de control. Fuente propia.	88
Figura 7. 3-Estación de monitoreo. Propia	90
Figura 7. 4-Arranque desde la sala de control con el WOIS. propia.	92
Figura 7. 5-Arranque desde la unidad de comando local.....	93
Figura 7. 6-Armario de comando de paradas de emergencia y otras funciones. propia.	94
Figura 7. 7-Unidad de comando manual.	94
Figura 7. 8-Unidad de sincronización. propia	95
Figura 7. 9-Unidad de sincronización manual y automático.	96
Figura 7. 10-Esquema de sincronización. propia.....	96
Figura 7. 11-Regulador de velocidad WOODWARD.	98
Figura 7. 12-SERVO-INYECOR mecánico.	99
Figura 7. 13-Circuito de excitador sin escobillas.	100
Figura 7. 14-Regulador de tensión (ABB Unitrol1000).	101
Figura 7. 15--Esquema general del sistema de control de la central. propia.	104
Figura 8. 1- Limpieza de la bomba de aceite.....	107
Figura 8. 2-Mantenimiento de los filtros de aceite y combustible. [].....	107
Figura 8. 3-Limpieza del filtro y cambio de cartuchos.....	107
Figura 8. 4- Mantenimiento de las culatas.....	108
Figura 8. 5- Ensamblaje y montaje de culatas.	109
Figura 8. 6- Mantenimiento de las camisas.	109
Figura 8. 7-Limpieza de las camisas.	109
Figura 8. 8-Dimensiones de la camisa del fabricante.	110
Figura 8. 9-Limpieza de los pistones.	110

Figura 8. 10-desmontaje y limpieza de los Balancines.....	111
Figura 8. 11-Reensamblaje de balancines.	111
Figura 8. 12-Mantenimiento del cojinete	112
Figura 8. 13-Lavado del CAC.	112
Figura 8. 14-Sustitución de las culatas de escape.....	113
Figura 8. 15-Mantenimiento de bombas de agua de baja temperatura.	114
Figura 8. 16-Mantenimiento de bombas de Alta temperatura.	114
Figura 8. 17-Retirar, limpiar y volver a montar los filtros.....	115
Figura 8. 18-Limpieza de filtros de baño de aceite.....	115
Figura 8. 19-Mantenimiento de las bombas de alimentación forzada.	115
Figura 8. 20.Mantenimiento de válvulas de 3 vías de agua BT Y AT. []	116
Figura 8. 21-Mantenimiento de la caldera.....	116
Figura 8. 22-Mantenimiento del circuito del turbocompresor.	117
Figura 8. 23-Mantenimiento de los motores Aero refrigerante.	118
Figura 8. 24-Mantenimiento de motor de separador de aceite.....	118
Figura 8. 25-Motores de ventilación.....	119
Figura 8. 26-Mantenimiento de motores de precalentado.	119
Figura 8. 27-Mantenimiento de los Sensores de presión y temperatura.	120
Figura 8. 28-Electroválvulas de aire 30 bar después del mantenimiento.....	120
Figura 8. 29-Mantenimiento de la unidad de las resistencias del precalentamiento.	121
Figura 8. 30-Dimensional de cigüeñal.....	124
Figura 9. 1- Circuito de los gases de escape.	126
Figura 9. 2-Punto de rocío de ácido sulfúrico en función del porcentaje de azufre del combustible.	127
Figura 9. 3-Caudal de gases de escape en función de la carga.	128
Figura 10. 1- Principio de la cogeneración.....	132
Figura 10. 2-La cogeneración en una central Diesel.	133
Figura 10. 3-Principio de la trigeneración.	134
Figura 10. 4-Principio de una máquina de absorción.....	135
Figura 10. 5-Eschema del Ciclo combinado de vapor para una central Diesel.	136
Figura 11. 1-Circuito de producción de agua sobrecalentada en Tan Tan.....	137
Figura 11. 2-Caldera de recuperación para la producción de agua sobrecalentada.	138
Figura 11. 3-Aplicación de un ciclo combinado de vapor para una central Diesel.....	139
Figura 11.4-Ciclo Orgánico de Rankine para la central de Tan Tan.	142

INDICE DE TABLAS

Tabla 4. 1- Características técnicas del motor diésel WARSILA 18V46.	9
Tabla 4. 2- Características del generador.	13
Tabla 5. 1- Características técnicas de aceite de lubricación.	37
Tabla 5. 2- Características técnicas del Agua de refrigeración.....	43
Tabla 5. 3- Características Técnicas.	52
Tabla 5. 4- Características Técnicas.	57
Tabla 5. 5- Características Técnicas.	61
Tabla 5. 6- Características Técnicas.	66
Tabla 5. 7- Características Técnicas de los turbocompresores.	74
Tabla 5. 8- Designación de los componentes de TPL76C33.	75
Tabla 5. 9- Designación de los componentes Del cartucho de los TPL76C33.	76
Tabla 5. 10- Parámetros de funcionamiento de TPL76C33.	77
Tabla 5. 11- Densidad y Caudal de aire a diferentes cargas.	78
Tabla 5. 12- Cálculo del informe de la combustión necesario para cada carga.	78
Tabla 6. 1- Características Técnicas del motor diésel de emergencia.	79
Tabla 6. 2- Características del transformador elevador.	81
Tabla 6. 3- Características del transformador de carga.	82
Tabla 8. 1- Mantenimiento del separador de aceite y combustible.....	106
Tabla 9. 1- Características químicas de los gases de escape.....	129
Tabla 9. 2- Los factores experimentales de la función $C_p(T)$	129
Tabla 9. 3- La potencia perdida en el escape para motores 18V46.	130

1.Resumen

A lo largo del proyecto explicaremos el funcionamiento de una planta de generación de energía eléctrica basada en siete motores Diésel de 16,5MW cada uno.

Asimismo, veremos todos los aspectos técnicos de la maquinaria de la central en cuestión, así como las instalaciones de la misma, donde veremos:

- Sistemas auxiliares de la central.
- Sistemas eléctricos.
- Sistemas de control y monitoreo de la central.

Además, en este proyecto, incluiremos tanto el plan de mantenimiento de la central como el estudio de una solución viable para aprovechar la energía que contienen los gases de escape. Donde propondremos tres soluciones de las cuales seleccionaremos una, y realizaremos su estudio técnico.

2.Introducción

La central Diésel incluye los motores térmicos, los generadores y el equipo auxiliar necesario para la producción de electricidad. El motor y el generador están montados en un chasis común y forman el grupo generador. El equipo auxiliar se monta principalmente en unidades modulares.

Los grupos generadores y parte del equipo auxiliar se encuentran en la sala de máquinas. Esta última también incluye una sala de conmutación y una sala de control.

La central eléctrica funciona con Fuel-oíl BIA y con Gasóleo como combustible de emergencia con una potencia unitaria de 16,5MW y una potencia total de 116MW. Los motores tienen sistemas de agua de refrigeración en circuito cerrado con radiadores montados fuera de la sala de máquinas.

En la central DIÉSEL se instalan siete motores turbo diésel de 4 tiempos con 18 cilindros en V, de tipo WARTSILA W18V46, de una potencia total de 115,5 MW (7x16,5MW). Cada uno de los siete motores produce una potencia neta de 16,5 MW, de refrigeración intermedia y de inyección directa. y funciona a una velocidad de 500 rpm.

El motor arranca por medio de aire comprimido, la presión de arranque mínima es de 15 bares y la presión máxima no debe superar los 30 bares.

Con respecto a la refrigeración se encuentran dos circuitos de agua AT y BT, alta y baja temperatura respectivamente. Para AT se enfrían los cilindros, las culatas y el aire de sobrealimentación (primera planta), y para el de BT enfría el aceite de lubricación y también el aire de sobrealimentación (segunda planta). El agua que circula a través de las bombas que alimentan el sistema de refrigeración del motor, pasa por un circuito de tratamiento de agua.

A continuación, en el motor hay bombas de inyección que introducen combustible en la cámara de combustión con una presión de aproximadamente 6 bares. Los gases de escape de cada cilindro se dirigen a través de un tubo de escape al turbocompresor que sobrecarga el motor con aire comprimido, ahorrando potencia y calidad de combustión.

Por último, el motor puede funcionar con combustible fuel oil BIA o con combustible Gasóleo. El fuel oil BIA se utiliza como combustible principal, mientras que el Gasóleo se utiliza normalmente en situaciones de arranque, de parada y como combustible de emergencia.

La central incluye un sistema de control y un sistema de distribución eléctrica. La producción de electricidad está principalmente controlada por el panel central de control y por la estación de trabajo del operador.

3.Objetivo del trabajo

Como objetivo, tendremos que buscar soluciones para aprovechar la energía contenida en los gases de escape y que actualmente se pierde, y así adaptarla a nuestras necesidades. Luego esquematizar las soluciones viables a las que nos podemos acoger.

3.1. Ubicación

La central Diésel está situada al sudeste del puerto de TanTan (Marruecos) aproximadamente a 1 KM al este de éste. La elección de la ubicación se basó en el desarrollo industrial de la región, en el deseo de preparar la conexión posterior de las provincias del sur a la red eléctrica nacional interconectada y, por último, para valorizar las posibilidades ofrecidas por el puerto de TAN-TAN en materia de abastecimiento de combustible



Figura 3. 1- Localización de la central Diésel de TAN TAN.

3.2. Normas y reglamento aplicable

Real Decreto 61/2006, de 31 de enero, por el que se determinan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo y se regula el uso de determinados biocarburantes.

ORDEN APM/1040/2017, de 23 de octubre, por la que se establece la fecha a partir de la cual será exigible la constitución de la garantía financiera obligatoria para las actividades del anexo III de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, clasificadas como nivel de prioridad 1 y 2, mediante Orden ARM/1783/2011, de 22 de junio, y por la que se modifica su anexo.

REAL DECRETO 773/2017, de 28 de julio, por el que se modifican diversos reales decretos en materia de productos y emisiones industriales.

ORDEN PRA/321/2017, de 7 de abril, por la que se regulan los procedimientos de determinación de las emisiones de los contaminantes atmosféricos SO₂, NO_x, partículas y CO procedentes de las grandes instalaciones de combustión, el control de los instrumentos de medida y el tratamiento y remisión de la información relativa a dichas emisiones.

ORDEN PRA/905/2017, de 21 de septiembre, por la que se modifican los anexos I y II del Real Decreto 115/2017, de 17 de febrero, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan y por el que se establecen los requisitos técnicos para las instalaciones que desarrollen actividades que emitan gases fluorados.

REAL DECRETO 115/2017, de 17 de febrero, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan y por el que se establecen los requisitos técnicos para las instalaciones que desarrollen actividades que emitan gases fluorados.
REGLAMENTO (UE) 2017/997 DEL CONSEJO, de 8 de junio de 2017, por el que se modifica el anexo III de la Directiva 2008/98/CE del Consejo en lo que atañe a la característica de peligrosidad HP 14 «Ecotóxico».

4. Materiales y Métodos

4.1 Descripción DE LA CENTRAL Diésel

La central Diésel incluye los motores térmicos, los generadores y el equipo auxiliar necesario para la producción de electricidad. El motor y el generador están montados en un chasis común y forman el grupo generador. El equipo auxiliar se monta principalmente en unidades modulares. La disposición de los principales elementos de la central se ilustra en la figura 4.1.

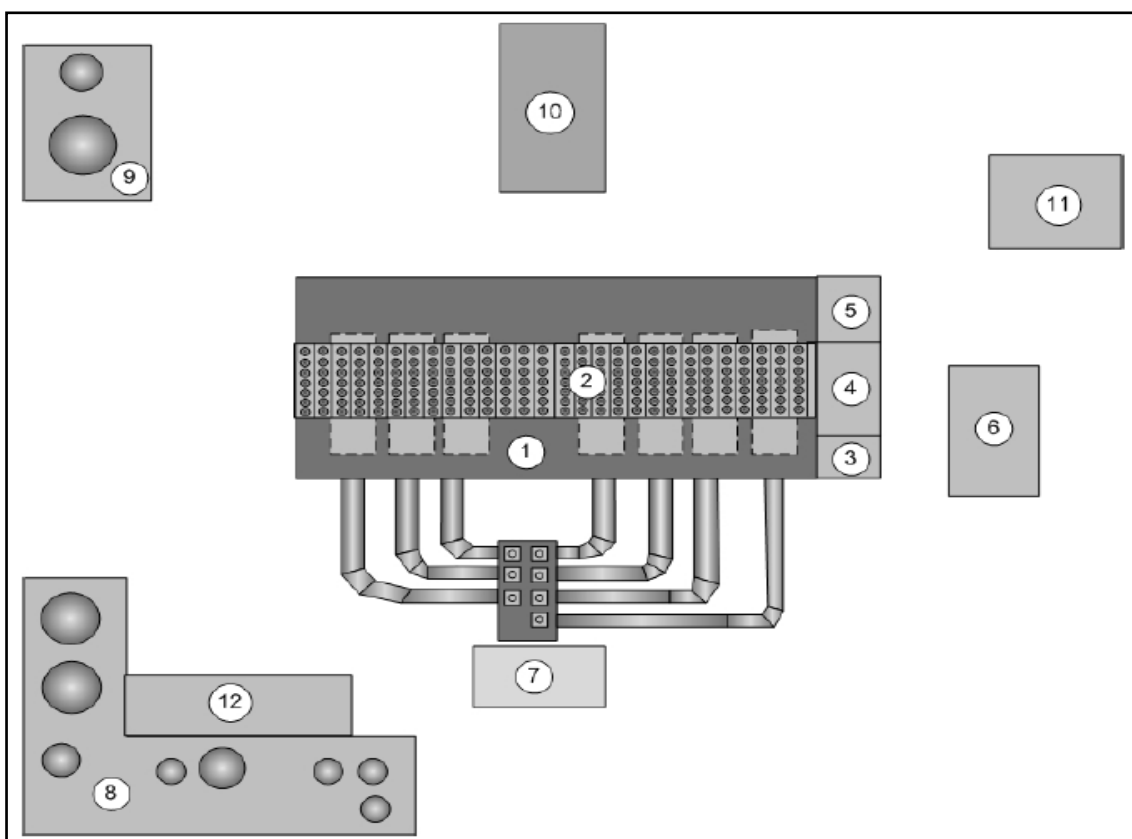


Figura 4. 1-Plan de la central Diésel.

La central se compone de:

1. Sala de máquinas Grupo diésel.
2. Radiadores
3. Sala de transformador auxiliar
4. Sala de conmutación.
5. Zona de servicios.
6. Transformador elevador
7. Edificio de agua caliente
8. Zona de depósitos
9. Zona de tratamiento de aguas y sistemas contra incendios.
10. Talleres de mecánica y electricidad.
11. Sala de control.
12. Sala de tratamiento de combustible.

4.2-Funcionamiento de la central:

En la central cada motor Diésel está acoplado a un alternador y a circuitos auxiliares. Alimentado con combustible, Produce energía mecánica que hace que el rotor del alternador gire y produzca energía eléctrica.

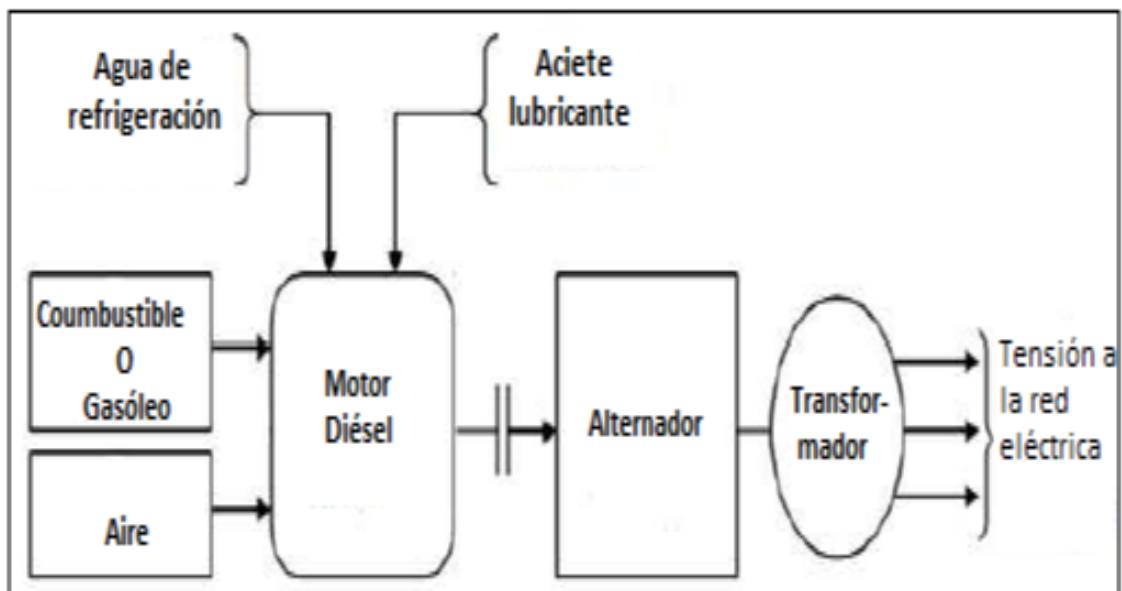


Figura 4. 2-Principio de funcionamiento del central diésel de TAN-TAN. Fuente propia.

Cada línea de producción de la central consta de un motor diésel, un alternador, un transformador y un conjunto de circuitos auxiliares.

4.3 funcionamiento de grupo Diésel

4.3.1. Descripción del motor diésel

El motor consiste en un bloque diésel de inyección directa de cuatro tiempos. Está equipado con turbocompresores e intercambiadores térmicos. Se monta en el motor una pequeña parte del equipo auxiliar, incluidas las bombas de circulación accionadas por el motor para el aceite de lubricación y el agua de refrigeración.

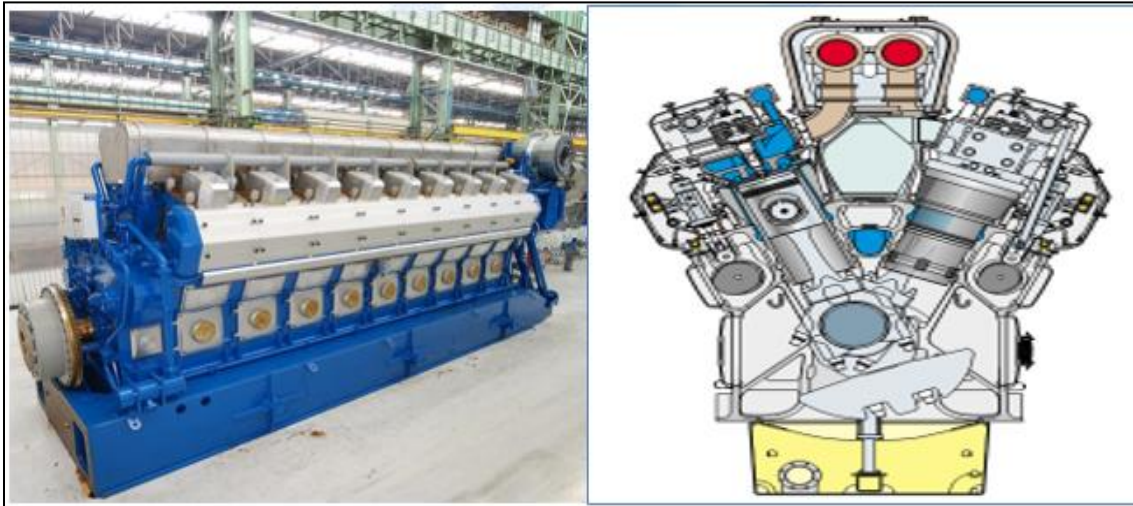


Figura 4. 3-Motor WARSILA 18V46. Fuente .

Los componentes del motor Diésel WARSILA 18V46:

- Cilindro
- Biela
- Cigüeñal
- Pistón
- Bomba inyectora
- Válvula de admisión
- Válvula de escape
- Inyector

4.3.2. Características técnicas del motor diésel WARSILA 18V46

Parámetro	valor/tipo
Numero de cilindros	18V
cilindro	460mm
Velocidad	500 rev /mn
Velocidad media del cilindro	9.67 m/s
Número de válvulas de admisión	2
Número de válvulas de escape	2
Sentido de rotación	Horario
Presión media efectiva	23.6 bar
Presión del aire	1.0bar
Temperatura Ambiente	25 °C
Humedad relativa del aire	0,3
Temperatura del agua de refrigeración antes El enfriador de aire de sobrealimentación	25 °C
Aciete	Mini : 10,8 m3
	Max : 12,5 m3
Agua	HT : 2600 litros
	BT : 200 litros
Aire de arranque	30 bar

Tabla 4. 1- Características técnicas del motor diésel WARSILA 18V46. .

4.3.3. ciclo operativo del motor de 4 tiempos

Se define como ciclo operativo a la succión de operaciones que el fluido realiza en el interior del motor, estas operaciones son consecutivas y periódicas y cuando se realiza el ciclo para cuatro carreras del pistón (dos vueltas del cigüeñal) es cuando el motor se dice que es de 4 tiempos. Las operaciones que se realizan en el ciclo se muestran a la figura 4.4.

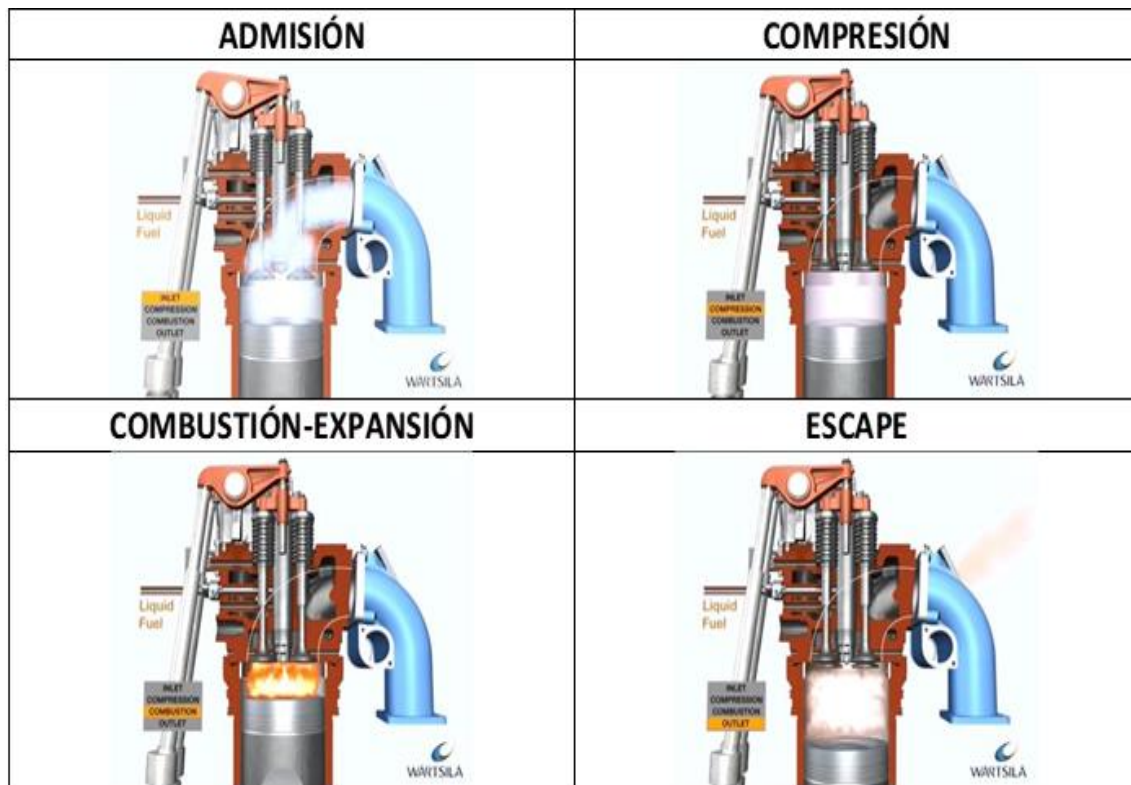


Figura 4.4- los 4 tiempos del motor Diésel (WARSILA 18V46). .

1º Tiempo (ADMISION): con la válvula de admisión abierta, e pistón se desplaza desde el PMS a PMI (media vuelta del cigüeñal = 1ª carrera) provocando una depresión en el cilindro que da lugar a la aspiración del fluido.

2º Tiempo (COMPRESION): Cerrada la válvula de admisión, el pistón se desplaza desde PMI al PMS (media vuelta del cigüeñal = 2ª carrera) comprimiendo el fluido admitido en la 1ª carrera.

3ºTiempo (COMBUSTION-EXPANSION): El fluido comprimido en la carrera anterior combustiona, bien espontáneamente o bien provocando dicha combustión por medio de una chispa eléctrica. Esto ocurre cuando el pistón ha llegado al PMS, al final de la 2ª carrera. Debido a esta combustión se produce, por la presión, un empuje en el pistón, que se desplaza desde el PMS al PMI (media vuelta del cigüeñal = 3ª carrera) expansionándose los gases de la combustión. Esta carrera es la única que produce trabajo.

4ºTiempo (ESCAPE): Con la válvula de escape abierta, el pistón se desplaza desde el PMI al PMS (media vuelta del cigüeñal = 4 carrera) expulsando a los gases quemados al exterior del cilindro.

En un motor diésel de 4 tiempos interviene muchos fenómenos e irreversibilidades que tiene su influencia en el diagrama representativo de su funcionamiento, no obstante, se pueden realizar una serie de hipótesis simplificativas que, aunque nos alejan de la realidad, facilitan su estudio y lo hacemos más rápido. En todo caso y para las mismas condiciones, aquel motor que tenga mejor comportamiento teórico también lo tendrá en la realidad.

Las premisas que se fijan en el estudio teórico son las siguientes:

- 1) Ausencia de rozamientos internos.
- 2) Compresiones y expansiones adiabáticas reversibles (isentrópicas).
- 3) las válvulas se abren y cierran instantánea y realiza $V=Cte$.
- 4) En los ciclos DIÉSEL la combustión se realiza a $P=Cte$.
- 5) El escape de los gases se realiza a $V=Cte$.
- 6) Calores específicos del fluido o el aire constantes con la temperatura.

En base de dichos puntos podemos ver en la figura el diagrama teórico de un motor de 4 tiempos con combustión $P=Cte$.

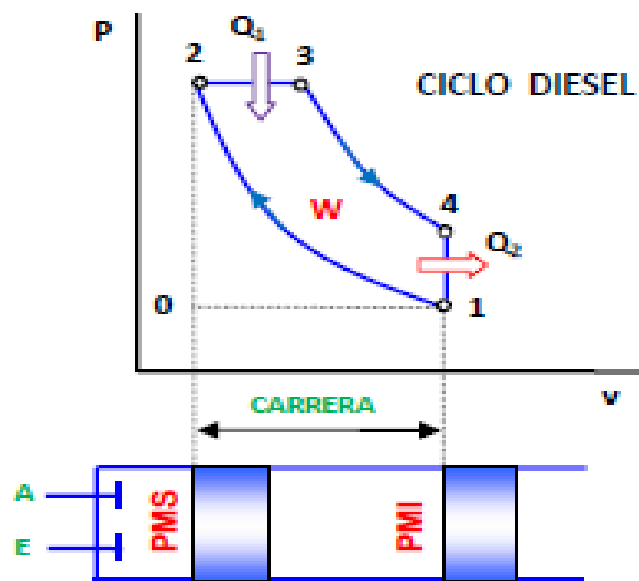


Figura 4.4- Diagrama teórico de un motor de 4 tiempos en coordenadas P-V. .

Demostración del rendimiento teórico del ciclo Diésel:

$$\eta_t = \frac{W_{neto}}{Q_{aportado}} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} \quad (4.1)$$

$$\text{Y como : } \begin{cases} Q_1 = H_3 - H_2 = mc_p(T_3 - T_2) \\ |Q_2| = U_4 - U_1 = mc_v(T_4 - T_1) \end{cases} \quad (4.2)$$

$$\eta_t = 1 - \frac{mc_v(T_4 - T_1)}{mc_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{1}{c_p/c_v} \frac{T_1}{T_2} \frac{T_4/T_1 - 1}{T_3/T_2 - 1} = 1 - \frac{1}{\gamma} \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}} \frac{T_4/T_1 - 1}{T_3/T_2 - 1} \quad (4.3)$$

Como el aire se comporta un gas perfecto, tendremos:

$$\frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} = \frac{mRT_2}{mRT_3} \Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = \frac{p_3 V_3}{p_2 V_2} = \frac{V_3}{V_2} = \tau \quad (\tau = \text{Relacion de compresión a } p = \text{Cte}) \quad (4.4)$$

Como la expansión (3-4) es adiabática:

$$p_3 V_3 = mRT_3 ; p_4 V_4 = mRT_4 ; p_3 V_3^\gamma = p_4 V_4^\gamma \quad (4.5)$$

De ambas ecuaciones obtenemos:

$$\frac{T_3}{T_4} = \frac{p_3 V_3}{p_4 V_4} = \frac{V_3 V_4^\gamma}{V_4 V_3^\gamma} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_4 V_2}{V_2 V_3}\right)^{\gamma-1} \quad (4.6)$$

Y teniendo en cuenta que $V_4 = V_1$, obtenemos los siguiente:

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_1}{V_2} \frac{V_2}{V_3}\right)^{\gamma-1} = \left(\varepsilon \frac{1}{\tau}\right)^{\gamma-1} = \frac{\varepsilon^{\gamma-1}}{\tau^{\gamma-1}} \text{ y como } \varepsilon^{\gamma-1} = \frac{T_2}{T_1} \text{ tendremos :}$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \frac{T_2/T_1}{\tau^{\gamma-1}} \Rightarrow \frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2} \tau^{\gamma-1} = \tau \tau^{\gamma-1} = \tau^\gamma \quad (4.7)$$

Llevando las Ecuaciones. 4.4 y 4.7 a 4.2, se obtiene:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}} \frac{1}{\gamma} \frac{\tau^\gamma}{\tau - 1}$$

4.4. Generador de la central Diésel

Es un generador síncrono trifásico con polos salientes y un eje cuyo extremo ha sido diseñado para el acoplamiento flexible con el motor diésel de tipo WARSILA 18V46, El generador se enfría directamente por el aire ambiente y está equipado con filtros de aire y calefacción contra la condensación, La alimentación de las bobinas polares se realiza mediante un sistema de excitación sin escobillas (Brushless). Es controlado por un regulador de tensión automático instalado en el armario de control del generador.



Figura 4.5- Generador Convertteam Ltd 15KV. Fuente propio.

GENERADOR	
Tipo de generador	Convertteam Ltd
Salida	21.345 KVA
Factor de potencia	0,8
Tensión	15 KV
Frecuencia	50 Hz
velocidad de rotación	500 r/min
Potencia de calentamiento contra la condensacion	2,4 KW

Tabla 4. 2- Características del generador. .

4.5. Transformadores de la central Diésel

La central eléctrica de Tan-Tan utiliza un esquema de juego de barras que contiene grandes transformadores elevadores y reductores para transferir energía a las redes nacionales **AT (225KV)** y **(60KV)**, **(22KV)**. La energía producida por los alternadores se evacua en un juego de barras de **(15KV)**, a través de los 3 grandes transformadores **(15/60KV)** alimenta en paralelo otro juego de barras de **(60KV)** a este juego de barras la energía evacuada a la red nacional a través de los transformadores **(60/225KV)** y **(22/60KV)**.

4.5.1. Los Transformadores elevadores AT

La central contiene tres transformadores tipo siemens 15/60KV su función es evacuar la energía al juego de barras 60KV cada transformador soporte tres generadores, Dos grandes transformadores para evacuar la energía de 60KV hacia la red nacional con una tensión de 225KV con la ayuda de dos salidas, Dos transformadores de 60KV al 22KV para alimentar las ciudades cercanas, Estos transformadores son enfriados por un circuito de aceite y ventiladores.

La energía producida por el alternador es evacuada a través de un transformador principal de tensión 15/60KV y de potencia 51/64 VA refrigerado al aire por medio de ventiladores; la circulación de aceite es natural.



figura 4.6- los tres transformadores tipo siemens 15/60KV.

4.5.2. los transformadores de servicio auxiliar:

La central contiene tres transformadores de carga de tipo **SCHNIRDER ELECTRIQUE 400V/15KV** con una potencia de 2600 KVA para alimentar todos los dispositivos eléctricos sea (bombas, motores eléctricos, etc.).



figura 4.7- Transformador auxiliar que alimenta los auxiliares de la central.

El transformador de carga de tensión 15/0,4KV y de potencia 2600 KVA alimenta los auxiliares propios del grupo y los auxiliares comunes.

5. Los Sistemas Auxiliares de la central

El equipo auxiliar es esencial para el funcionamiento del motor y debe estar completamente operativo cuando el motor está en funcionamiento o en modo de espera.

Los sistemas auxiliares suministran al motor combustible, aceite de lubricación, aire comprimido, agua de refrigeración y aire de admisión.

Los sistemas auxiliares incluyen equipos específicos del motor, así como equipos compartidos por varios motores.

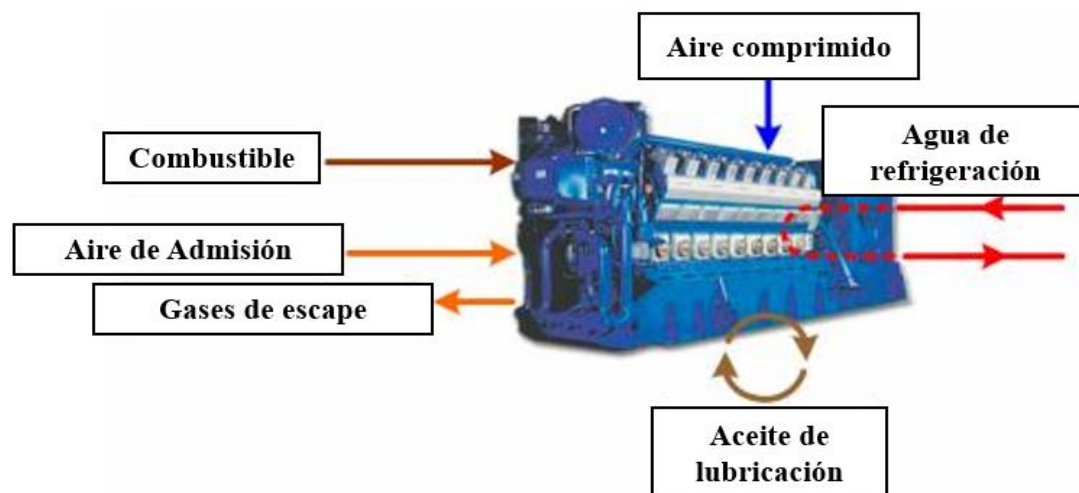


Figura 5. 1-Sistemas Auxiliares del grupo diésel. Fuente

Los auxiliares forman los circuitos necesarios para el funcionamiento del grupo Diésel:

- Sistema de combustible.
- Sistema de aceite de lubricación.
- Sistema de agua de refrigeración.
- Sistema de tratamiento de agua.
- Sistema de tratamiento de efluentes.
- Sistema de aire comprimido.
- Sistema de agua sobrecalentada.
- Sistema de aire sobrealimentada
- Sistema de gases de escape.

5.1-Sistema de combustible

5.1.1- Almacenamiento y tratamiento de combustible

El parque de almacenamiento de combustible está constituido por cinco tanques de almacenamiento de Fuel oíl BIA de 5000 m³ cada uno, y dos tanques de almacenamiento de gasóleo de 5000 m³ y 1000 m³. Las bombas de transferencia proporcionan un suministro suficiente de combustible y los calentadores mantienen el combustible a la temperatura adecuada.



Figura 5. 2- Tanque de gasóleo de 5000 m3.



Figura 5. 3-Tanques de Fuel-oíl BIA de 5000m3.

El combustible Fuel oíl BIA es entregado por un transporte marítimo de cabotaje y luego es transferido desde el puerto a la central eléctrica por camiones cisterna. La posibilidad del trasiego por la tubería que conecta la central directamente al muelle del puerto estará disponible después de la finalización de los trabajos de su rehabilitación.



Figura 5. 4- El transporte marítimo de cabotaje. propio.

La alimentación de gasóleo a la central se realiza mediante camiones cisterna, desde el suministro hasta los tanques de almacenamiento de 5000 m³ y 1000 m³ y desde estos tanques se realiza la alimentación a los distintos tanques de consumo diario.

5.1.2- Circuito de combustible

La función principal del circuito de combustible es proporcionar a los motores un combustible limpio, las presiones y viscosidad adecuada, y también garantizar un flujo de combustible correcto en el motor. El circuito incluye el trasiego de combustible, el almacenamiento, la transferencia, el tratamiento, la alimentación y el regreso del combustible.

Dos tipos de combustibles se utilizan, el Gasóleo y el Fuel oíl BIA, el fuel oíl BIA es el combustible principal, mientras que el Gasóleo se utiliza para los arranques y paradas antes de las interrupciones más largas. Los tanques y conductos del fuel oíl BIA se calientan con agua caliente.

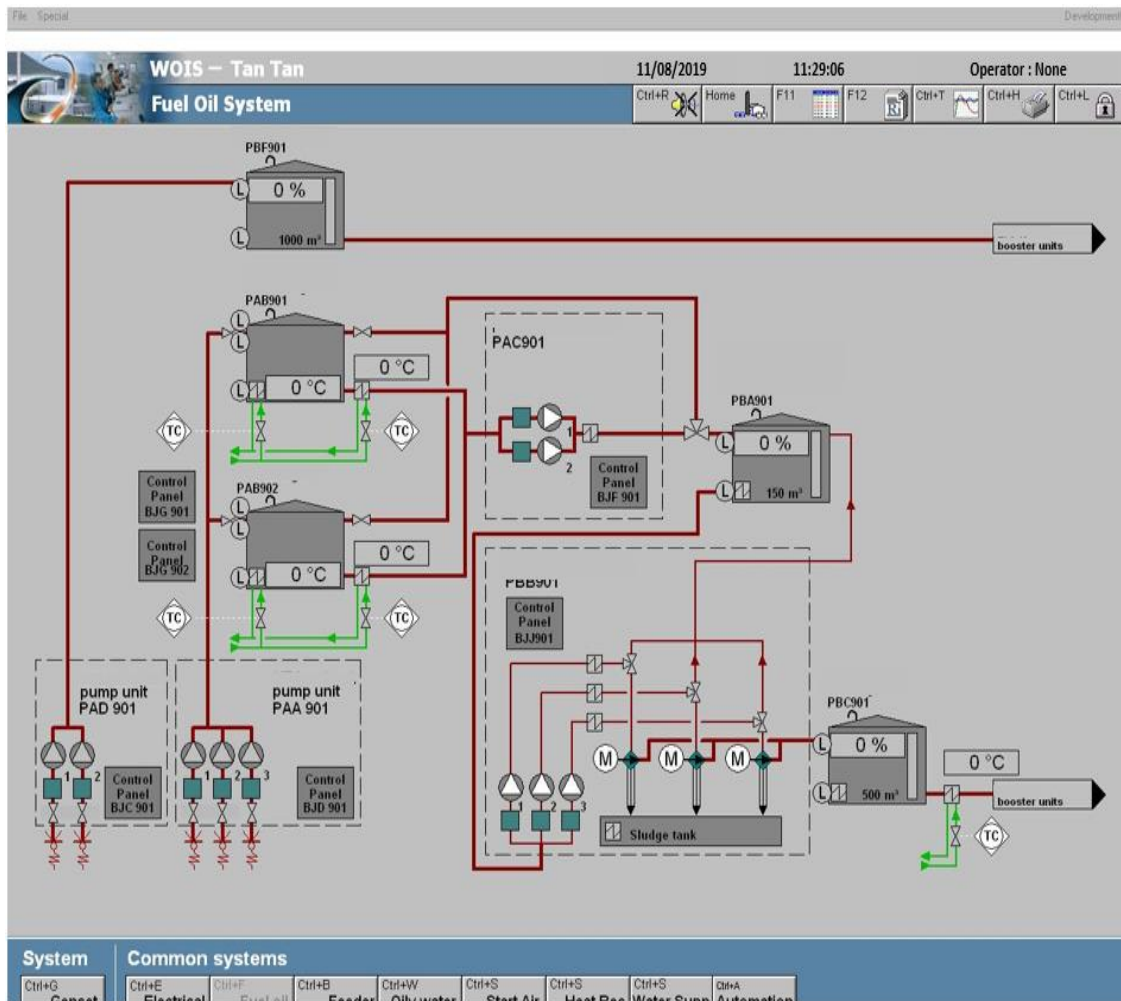


Figura 5. 5- Control principal del circuito de combustible desde la sala de control de la central. .

5.1.3-Circuito de trasiego de combustible

La función principal del circuito de trasiego de combustible es transferir el combustible desde la llegada al sistema de almacenamiento. El circuito consta de 2 bombas de trasiego PAA 901 y PAD 901. Una se utiliza para el Fuel oil BIA mientras que la otra se utiliza para el Gasóleo, El BIA se trasiega con el módulo de la bomba PAA 901 y se bombea a los tanques de almacenamiento BIA. El módulo de trasiego está equipado con tres bombas paralelas, una de las cuales está en reserva.

Al funcionamiento normal el motor funciona con combustible BIA, se filtra y luego se transfiere a través de bombas de trasiego de BIA (PAA901) a cinco depósitos de almacenamiento de combustible bruto con una capacidad global de 25.000 m³. El combustible bruto filtrado a continuación se transporta por medio de las bombas de transferencia a un depósito tampón de 150 m³. El módulo de transferencia BIA también incluye un intercambiador para calentar el combustible a la temperatura correcta.

El combustible bruto procedente del depósito tampón se transfiere a través del módulo separador BIA, se filtra y se calienta antes de ser depurado por medio de los separadores BIA. Los lodos que salen de la depuración se recogen en un depósito de lodos.

El combustible depurado se transporta a un tanque de consumo diario de Fuel oíl BIA de 500 m³ o a un tanque de combustible tratado de 5000 m³ preparado para la combustión antes de ser filtrado y calentado en el módulo de alimentación de Fuel oíl BIA al módulo de combustible, El combustible procedente del depósito diario ya sea BIA o Gasóleo es seleccionado mediante una válvula de tres vías.

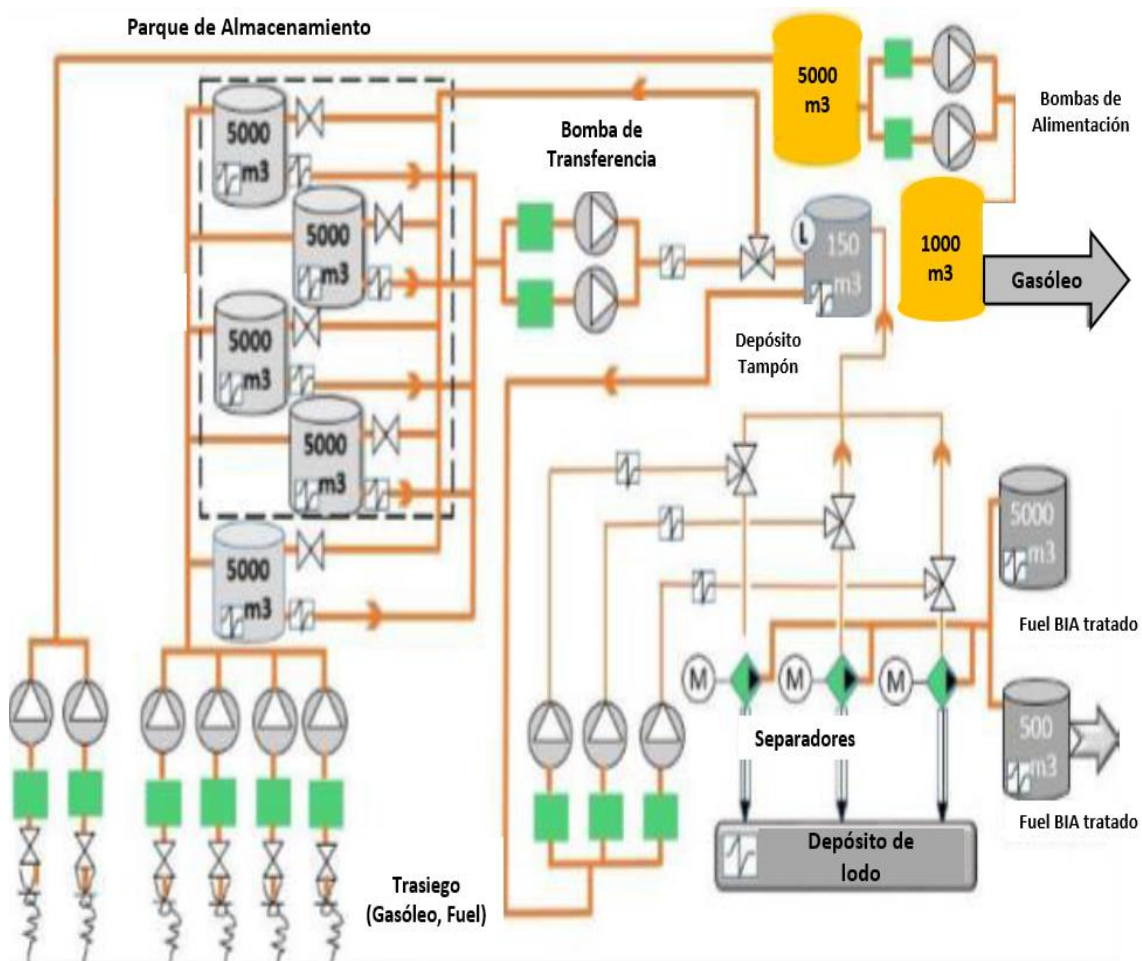


Figura 5. 6-Circuito de tratamiento de combustible. .

La separación del Fuel oíl BIA bruto es primordial para la buena marcha de los grupos diésel. En efecto, el funcionamiento de los separadores fuel tiene por objeto eliminar los cuerpos extraños, los contaminantes y el agua contenida en el fuel bruto.

Para una separación efectiva, la temperatura del fuel debe ser del orden de 98° C. La marcha de los separadores dependiente de las situaciones de explotación, incluso la frecuencia de funcionamiento de los grupos y los niveles de los tanques de almacenamiento del fuel tratado.

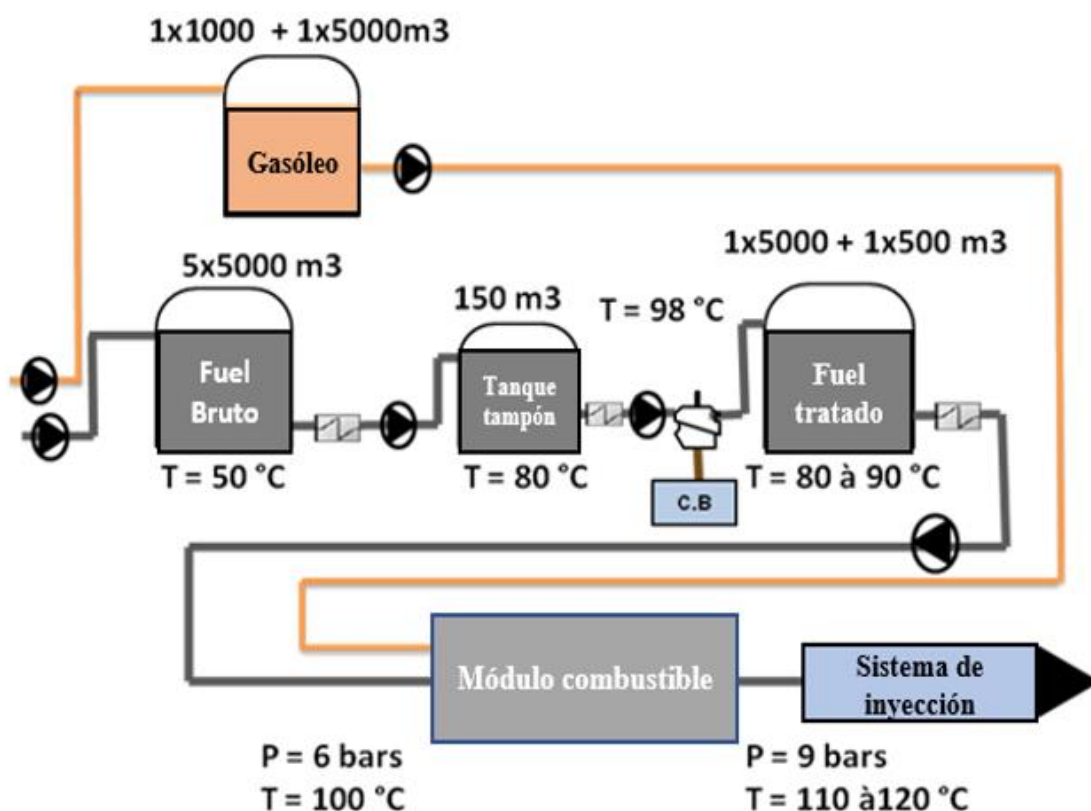


Figura 5. 7- circuito simplificado del circuito de combustible. propia.

Antes de la fase de separación, el combustible se transfiere del depósito de almacenamiento de combustible bruto al tanque tampón de 150 m³, a través de las bombas de transferencia, donde será acondicionado (Temperatura hasta 80 C), Se comprobará la disposición de las válvulas y se arranca las bombas de transferencia.

Una válvula de tres vías dirigirá automáticamente el combustible bruto hacia el tanque tampón o hacia el retorno del tanque según el nivel del tanque de tampón, El combustible contenido en el depósito tampón se calienta mediante un calentador de masa de agua

sobrecalentada antes de ser aspirado por las bombas de los separadores para su tratamiento.

El separador está equipado, además de la bomba, con un calentador de placas seguido de una válvula de 3 vías, la función del calentador es elevar la temperatura del fuel a 98° C (temperatura requerida para una separación efectiva) por intercambio de calor con el agua sobrecalentada, mientras la válvula de 3 vías devuelve el combustible hacia el depósito tampón de almacenamiento hasta que no alcance la temperatura consigna, una vez calentada la válvula se abre automáticamente hacia el recipiente del separador.

Antes de proceder a la separación del combustible, es necesario:

- Asegurar la apertura de las válvulas de agua recalentada y del combustible.
- Verificar las posiciones de las válvulas de los tanques de combustible.
- Verificar los niveles de los depósitos de almacenamiento del combustible tratado.
- Verificar el nivel de aceite del separador.
- Verificar la temperatura del combustible.

Arranque del separador:

- Arrancar la bomba de alimentación del separador.
- Arrancar la calefacción
- Arrancar el separador.
- Esperar a que la temperatura y la velocidad de rotación del tazón alcancen los valores de consigna (T=98 C y 5200 rpm).
- Arrancar la separación.

Hay que controlar los siguientes parámetros:

- Temperatura del combustible.
- Presiones (PT4=2bar y PT5=1,6 bar).
- Escapes.
- Vibraciones.
- Duración de arranque.
- Nivel del depósito de almacenamiento.

Un análisis de muestras se realiza durante la marcha de los separadores usando el espectrómetro para controlar la eficacia de los separadores. Una vez tratado, el combustible se almacena en los tanques de combustible tratado y enviado, durante el

arranque, hacia el módulo de alimentación de combustible a través de las bombas del módulo de alimentación.

5.1.4. Módulo de alimentación del combustible

Antes de cada motor se instala un módulo de alimentación del combustible PCA 0_1, La función principal del módulo de alimentación de combustible es entregar el combustible al motor con una viscosidad y un caudal correctos. Esto se lleva a cabo en las siguientes etapas:

- Selección del tipo de combustible
- Medición del caudal de combustible
- Mezcla y desgasificación del combustible.
- Aumento de la presión del combustible por la bomba de alimentación.
- Calefacción de combustible (en el módulo de recalentamiento PCA 0_2).
- Filtración del combustible.
- Refrigeración del combustible en el circuito de retorno.
- Gestión de las fugas de combustible

La presión del combustible se aumentará en el módulo de alimentación del combustible para evitar un exceso de vapor causado por el agua residual o los compuestos volátiles del combustible. Asimismo, el funcionamiento de las bombas de inyección requiere una presión de alimentación del combustible específica del motor. El módulo de alimentación de combustible está equipado con 2 bombas que funcionan en normal. También está equipado con un filtro automático.

La viscosidad del combustible debe estar de un rango específico de valores para el correcto funcionamiento de los inyectores, Debido a que la viscosidad depende de la temperatura, la viscosidad se ajusta variando la temperatura y la temperatura de inyección depende de la calidad de combustible y se justara en el módulo de recalentamiento PCA0_2.

La válvula de regulación de presión montada en el motor devuelve el combustible sobrante al depósito de desgasificación del módulo de alimentación de combustible, El paso del combustible por las bombas de inyección tiende a provocar burbujas, a función principal del depósito de desgasificación es deshacerse de las burbujas en el combustible,

Del mismo modo, el depósito de desgasificación permite un cambio gradual de combustible del BIA al Gasóleo, o viceversa, en términos de cambios de viscosidad y temperatura, En el depósito de desgasificación, los gases se separan y se recogen en la parte superior del depósito, por lo que el nivel de combustible es más bajo. El cambio

de combustible se realiza desde el módulo de alimentación de combustible, donde la válvula de tres vías correspondiente se inclina de la posición BIA a Gasóleo, o viceversa.

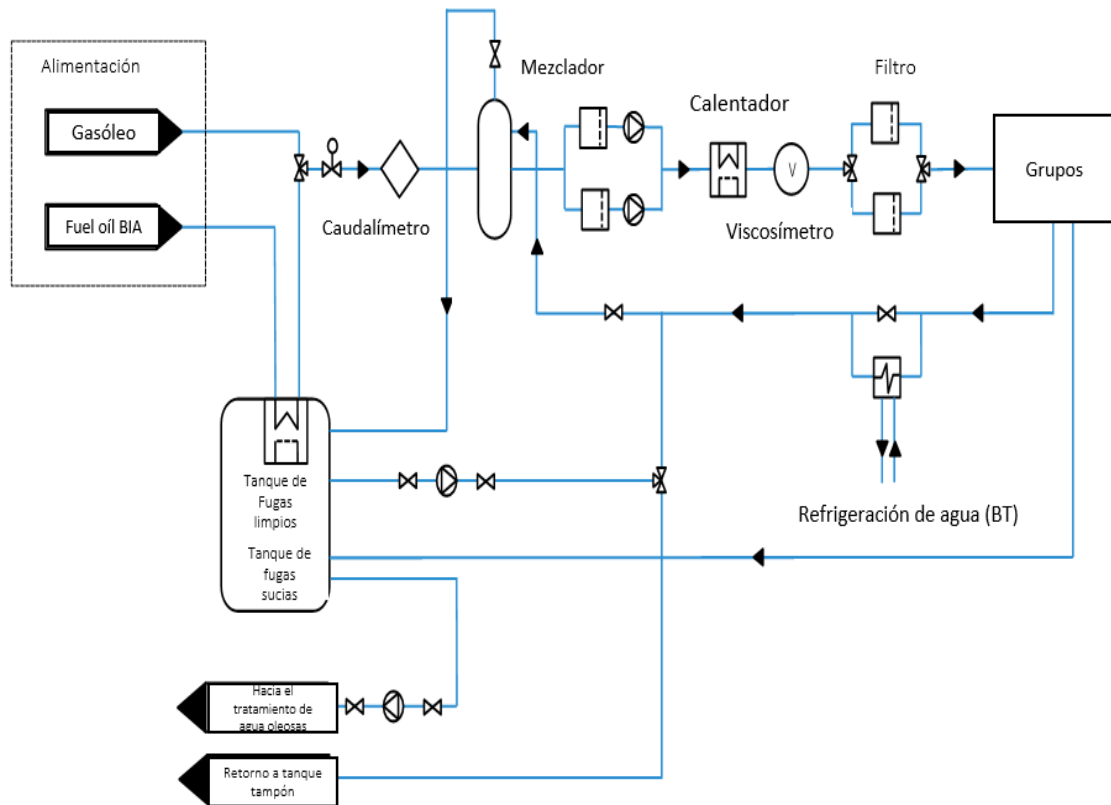


Figura 5. 8-Resumen de la función de módulo de alimentación del combustible. .

Un depósito de mezcla (Mezclador), recibe fuel (tratado) o gasóleo en función de la posición de la válvula de 3 vías. Una válvula de cierre neumática y los racores para un caudalímetro están montados aguas arriba del tanque de mezcla.

El funcionamiento del mezclador (Mixing-tank) es:

- Garantizar una transición gradual del gasóleo o fuel y a la inversa.
- Garantizar la degasificación del circuito.
- Contener el combustible de retorno de regreso procedentes del sistema de inyección.

El mezclador (Mixing-tank) está equipado con una válvula de purga y una válvula de degasificación también válvulas de aislamiento que sirven para registrarla en caso de trabajos de mantenimiento, Dos bombas de alimentación forzada (de sobrepresión una en servicio y otra en espera) en la salida del depósito de mezcla aumenta la presión de combustible y la bomba hacia el motor a través de un calentador y un filtro.

La marcha de las bombas de alimentación forzada y el calentador está en modo automático en la situación de explotación normal, en caso de trabajos de mantenimiento.

Para las bombas:

- Se pone el comando en la posición 'off'.
- Se pone el disyuntor en la posición 'off'.
- Se pone el rastreo Eléctrica en la posición 'off'.
- Se cierran las válvulas de aislamiento de aspiración y de descarga.
- Se espera la disminución de la temperatura de la bomba.

Para el calentador se aísla el circuito de combustible y el agua sobrecalentada. Para el filtro se cambia el filtro de redundancia y se vacía a través de la válvula de purga abriendo la trampilla.

La cantidad de combustible en circulación a través el motor es mayor que el consumo de combustible en exceso regresa al depósito de mezcla (Mixing-tank), En la tubería de retorno se instala un refrigerador de combustible con agua a baja temperatura (BT), El enfriador sirve para enfriar el gasóleo de regreso, las válvulas instaladas en el circuito se utilizan para pasar el refrigerador durante la marcha de combustible.

El refrigerador está equipado de las válvulas de aislamiento de gasoil y agua a baja temperatura (BT) en caso de trabajos de mantenimiento. El combustible de escape del motor se transporta a un depósito de recuperación.

Para fugas sucias: el combustible se envía a la fosa de lodos a través de una bomba de membrana cuyo control es automático según el nivel del depósito como puede ser manual cambiando su modo de funcionamiento local.

En caso de trabajos de mantenimiento a nivel de la bomba de las fugas sucias, se:

- Aísla la bomba cerrando la válvula de aspiración y la de descarga.
- Se pone el modo de marcha sobre 'off'.
- Cierra la válvula de aire comprimido 7 bar.

Para fugas limpias: el fuel se envía al tanque tampón o hacia el depósito de mezcla, la selección se realiza mediante una válvula de 3 vías controlada manualmente a través de una bomba de tornillo cuyo control es automático según el nivel del tanque, ya que puede ser manual cambiando su modo de operación localmente, Asimismo para la consignación de la bomba de las fugas limpias, se pone el modo de marcha y disyuntor sobre 'off' y se aísla por la válvula de aspiración y la de descarga.

5.1.5. Instrucciones de explotación del sistema de combustible

Se recuerda que el parque de almacenamiento de combustible consta de:

- 5x5000 m³ y 1x150 m³ para Fuel oíl BIA bruto.
- 1x5000 m³ y 1x500 m³ para Fuel oíl BIA tratado
- 1x5000 m³ y 1x1000 m³ para Gasóleo.

El combustible debe almacenarse a una temperatura de 50°C mientras el Gasóleo se encuentra a temperatura ambiente.

A diferencia del combustible, el gasóleo no se somete a ningún tratamiento o calentamiento, sino que se traslada, almacena y bombea directamente al sistema de inyección a través dos filtraciones.

5.1.5.1 Llenado y purga de los circuitos de combustible

- Cerrar las válvulas de purga del sistema.
- Abrir las válvulas de salida de los tanques de combustible.
- Verificar que la válvula de selección de combustible es en la posición BIA.
- Abrir las válvulas de cierre del sistema si es necesario para permitir un flujo libre en los circuitos.
- Llenar y purgar las bombas de combustible. Girar el eje manualmente mientras rellena la bomba para asegurarse de que todas las cavidades se llenan
- Llenar y purgar las unidades del sistema. girar las bombas para llenar la tubería:
 - Airear el depósito de mezcla a la ayuda de la válvula de ventilación manual.
 - Purgar los filtros de combustible.
 - Purgar las tuberías montada sobre el motor.
- Activar la calefacción de canalización.
- Verificar que todas las válvulas de purga son cerradas y que no hay ninguna fuga en el sistema.

5.1.5.2 Arranque de bombas

- Comprobar que las válvulas de entrada y de salida de la bomba están abiertas
- Rellenar la bomba si se ha vaciado. Gire el eje a mano mientras rellena la bomba para garantizar que todas las cavidades se llenan.
- Abrir el tapón de salida de algunas vueltas.
- Cerrar y apretar el tapón de salida cuando el líquido empiece a salir.
- Arrancar la bomba con el interruptor de control correspondiente.
- Verificar el funcionamiento de la bomba.
- Controlar los medidores de presión.
- Verificar las tuberías y las juntas del árbol para ver si hay fugas.
- Comprobar que no hay vibraciones, ruidos de cojinetes y calor anormales.

5.1.5.3 Arranque del alimentador de combustible

Verificar el nivel del combustible en el depósito y proceder como se indica a continuación :

- Ajustar todas las válvulas de accionamiento manual en las posiciones correctas. Asimismo, se abrirán las válvulas de entrada y de salida de la bomba de emergencia.
- Activar la alimentación eléctrica hacia la unidad de alimentación con el interruptor principal.
- Abrir las válvulas de cierre en los conductos de aire comprimido hacia los componentes de la unidad.
- Abrir la válvula de cierre de seguridad con el interruptor de control correspondiente.
- Llenar y airear el circuito. Asegúrese de que las bombas del alimentador están llenas.
- Arranque la bomba del alimentador. Ajuste una de las bombas en paralelo en modo de funcionamiento y la otra en modo de emergencia. Después del arranque de la bomba, comprobar la presión del sistema.
- Arrancar el filtro automático. Comprobar la posición de la válvula de tres vías en la admisión del filtro. Comprobar también que las válvulas cerca de la bomba de lodo están en las posiciones correctas.

-

5.1.5.4 Puesta en marcha del sistema de circulación de combustible

- Realizar una inspección visual de las unidades en el sistema.
- Verificar la alimentación de aire comprimido. Asegurarse de que las válvulas de parada en los conductos de aire comprimido hacia las unidades del sistema están abiertas.
- Verificar que los filtros de combustible están listos para funcionar.
- Arrancar el sistema de alimentación de Gasóleo, si aún no lo ha hecho.
- Verificar que la válvula de selección de combustible es en la posición BIA.
- Llenar y purgar las unidades en el sistema de circulación de combustible. Asegúrese de que todas las válvulas accionadas manualmente están en la posición correcta.
- Abrir las válvulas de alimentación de vapor y de retorno de condensado de los calentadores y del sistema de calefacción de canalización, según lo que es necesario. Verificar que la válvula de regulación de vapor no está contorneada.
- Ajustar las bombas de sobrepresión de combustible para funcionar automáticamente.
- Comprobar también que el circuito de agua de refrigeración del enfriador de combustible está lleno y purgado. Compruebe también que las válvulas de entrada y salida de agua de refrigeración están abiertas.
- Preparar las bombas de combustible de fuga limpia y sucia para el funcionamiento automático.
- Verificar que la válvula de tres vías en el conducto de combustible de fuga limpio está en la posición correcta. Normalmente, el combustible de escape limpio se repondrá en el sistema de almacenamiento de combustible.

5.1.5.5. Apagado del sistema de circulación de combustible

- Cortar la bomba de alimentación de combustible.
- Vaciar los depósitos de combustible de fuga limpios y sucios haciendo girar las bombas de vaciado manualmente. Detener las bombas cuando se haya completado el vaciado.

Durante una parada prolongada, se recomienda mirar los árboles de bomba manualmente una vez por semana para lubricar los cojinetes y colocarlos en otra posición de reposo.

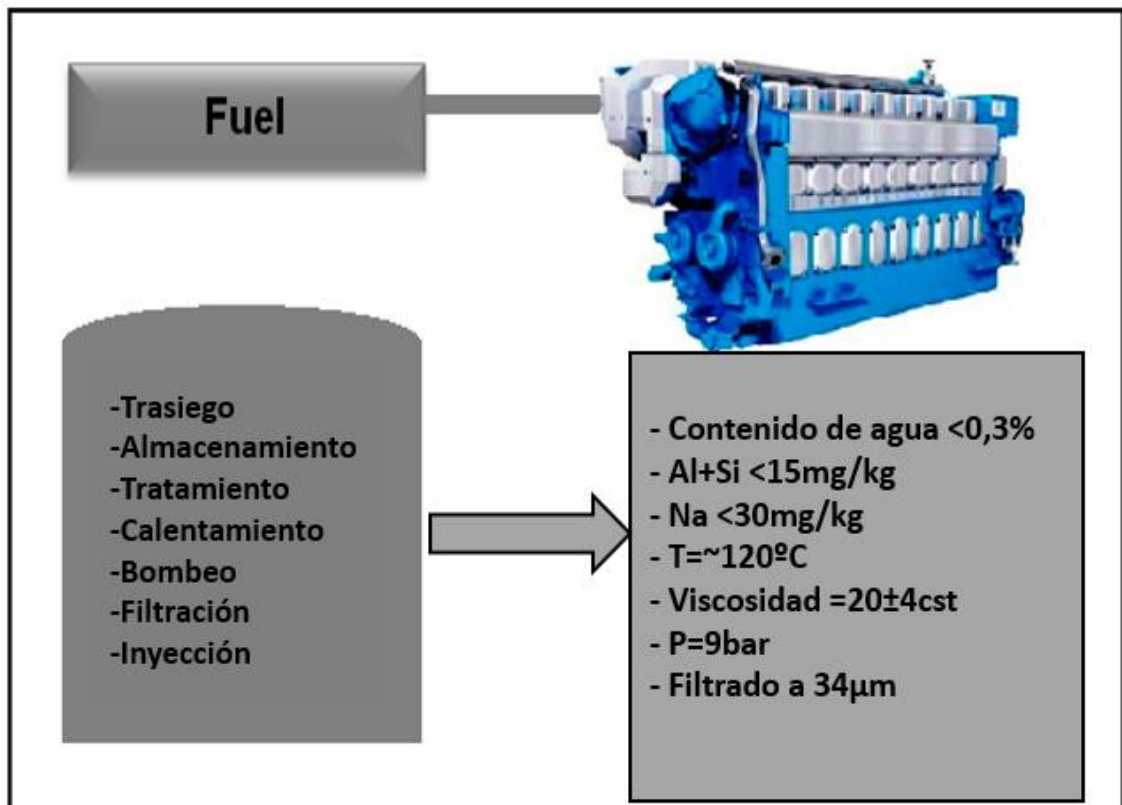


Figura 5. 9-Resumen del funcionamiento del sistema de combustible. Fuente propia.

5.2. Sistema de aceite de lubricación

El circuito de aceite lubricante sirve principalmente para alimentar los motores con aceite limpio, a la presión y a la temperatura requeridas, así como para llenar y vaciar el circuito de aceite y permitir la ventilación del cárter del motor. Es importante mantener un flujo de aceite suficiente en todo el circuito de aceite. El circuito de aceite permite también la lubricación de los diferentes componentes del motor como: los cojinetes-las camisas-los pistones-las bielas, de evacuar una parte de la energía térmica del motor.

El sistema de aceite lubricante mantiene la calidad de aceite de engrase del motor y también incluye unidades de refrigeración de aceite para evitar el sobrecalentamiento.

Para Asegurar el engrase del motor (cojinete, camisa, pistón, biela, distribución):

- Mantener la limpieza interna del motor.
- Garantizar la refrigeración de las cabezas de los pistones.
- Combatir la acción corrosiva de los productos de combustión ácidos.

5.2.1 Descripción del circuito de aceite de lubricación

El circuito de aceite lubricante proporciona aceite limpio al motor a la presión de 4 bar y a la temperatura de 65°C. A parte de la lubricación del motor, el aceite también elimina el calor y asegura la limpieza de la parte interna del motor.

El aceite circula por el sistema de filtrado y refrigeración mediante una bomba accionada por el motor. Una bomba de prelubricación accionada eléctricamente está conectada en paralelo a la bomba de circulación principal.

El sistema de aceite lubricante del motor también lubrica los turbocompresores.

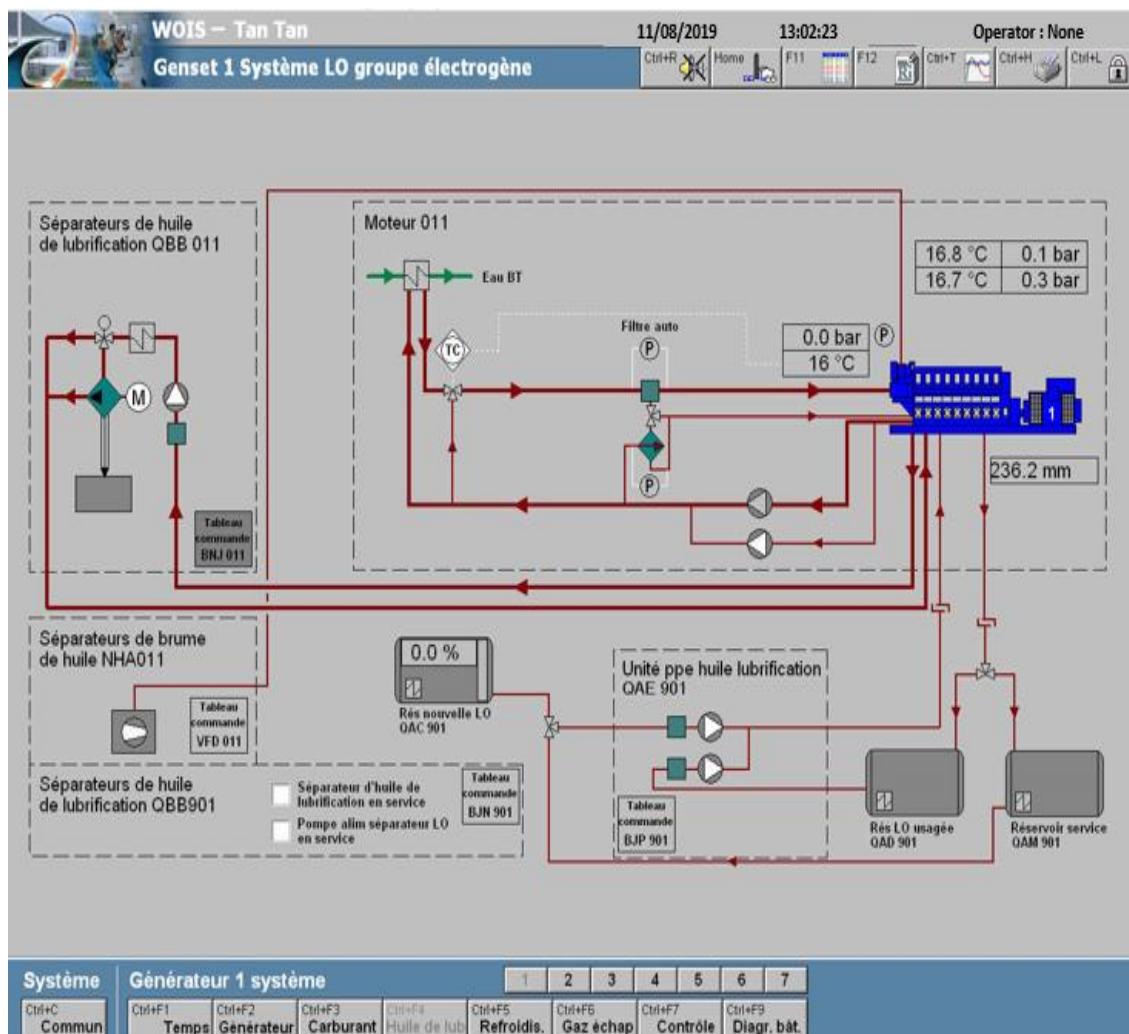


Figura 5. 10-Control principal del circuito de aceite de lubricación desde la sala de control. .

5.2.2 Sistema de prelubricación para motores Diésel

El sistema de circulación de aceite lubricante deberá llenarse antes de que el motor arranque. Una bomba de prelubricación se conecta en paralelo a la bomba de circulación principal, alimentando el mismo circuito antes de arrancar el motor y durante la parada. La bomba de prelubricación es accionada por un motor eléctrico y está equipada con una válvula de control de presión regulable. Cuando la bomba está en modo automático, funciona según el funcionamiento del motor. La bomba se activará automáticamente cuando el motor se detenga y pare cuando el motor se haya puesto en marcha.

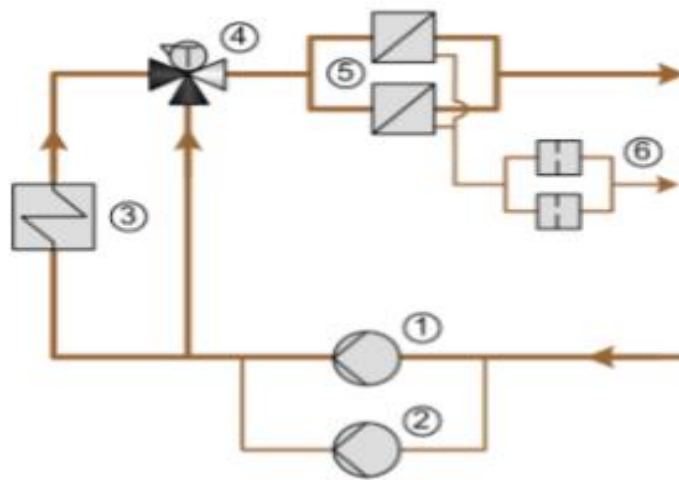


Figura 5. 11-Circulación de aceite de lubricación.

- 1- Bomba de circulación.
- 2- Bomba de prelubricación.
- 3- Refrigerador de aceite.
- 4- Válvula de control de temperatura.
- 5- Filtro automático.
- 6- Filtro de aceite de lavado invertido.

5.2.3 Refrigeración de aceite de lubricación

un refrigerador de aceite se instala en el módulo auxiliar del motor para enfriar el aceite de lubricación a la temperatura requerida antes de volver al motor. El aceite lubricante se enfría con agua del circuito de refrigeración de baja temperatura (BT) del motor. La temperatura del aceite en la entrada del motor se controla mediante una válvula termostática (elemento termo mecánico) de tres vías colocada después del refrigerador.

Además de la lubricación el aceite asegura el enfriamiento y la limpieza en el interior del motor, lo que requiere un enfriamiento y tratamiento de este aceite.

Durante el arranque del grupo el aceite circula permanentemente en:

- Un enfriador de aceite (intercambiador de placas) que asegura la refrigeración por el agua a baja temperatura, el circuito está equipado con una válvula termostática de tres vías que regula la temperatura del aceite (65 l C).
- Dos filtros automáticos.
- Una centrifugadora que elimina el aceite del agua y de las impurezas captadas del interior del grupo.

5.2.4. Filtros de aceite de lubricación

El sistema de filtración de aceite lubricante incluye dos filtros automáticos conectados en paralelo. El filtro automático incluye un número de bujías filtrantes que purifican el aceite. Antes de salir de la unidad de filtro, el aceite fluye a través de un filtro de protección. Las bujías filtrantes se limpian mediante lavado automático inverso. El filtro automático está equipado con un indicador de presión diferencial y válvulas de desbordamiento. Si la presión aumenta demasiado (lo que indica una limpieza inadecuada de las bujías filtrantes), las válvulas de exceso se abren y el aceite se filtra únicamente a través del filtro de protección. En el sistema de filtración también se incluye un filtro de limpieza del aceite de lavado invertido. El aceite de lavado invertido fluye a través del filtro y vuelve al cárter de aceite. El filtro tiene dos cámaras de filtro conectadas en paralelo y está equipado con un indicador de presión diferencial para supervisar el estado de los elementos filtrantes. El elemento de filtro consiste en una malla metálica.

5.2.5. Unidad de separador de niebla de aceite

El módulo separador incluye una bomba de alimentación accionada eléctricamente. Un calentador y una válvula de derivación accionada automáticamente se asegurarán de que el aceite que entre en el separador esté a la temperatura de 98 C. Las impurezas retiradas del aceite se recogerán en un depósito de lodo en el módulo de separación.



Figura 5. 12-Separador de aceite de lubricación.

La unidad de separación de la niebla del aceite elimina las partículas de aceite de los gases de ventilación del cárter. La unidad consta de dos separadores centrífugos accionados eléctricamente. Una pequeña Cuba de vaciado en la unidad recupera el aceite eliminado de los gases de ventilación del cárter. Los gases depurados se lanzan al aire libre. Para asegurar un flujo de gas correcto, se instala una mariposa en la tubería

de entrada. El aire de compensación hacia el separador se extrae del tubo de aire de salida.

En caso de problemas con el separador o el desbordamiento, la manguera de aire de compensación tiene lugar también de conducta de derivación. La unidad está equipada con un armario de control para la activación del separador. En modo automático, el separador funciona cuando el motor está en marcha.

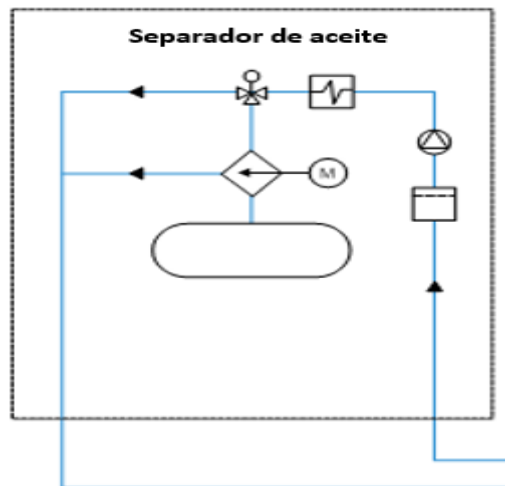


Figura 5. 13- Circuito del separador de aceite de lubricación. .

5.2.6. Sistema de almacenamiento de aceite de lubricación

El sistema de almacenamiento y transferencia del aceite lubricante consiste en unidades de bomba y depósitos. Dos tanques separados se utilizan para almacenar el nuevo aceite lubricante y el aceite usado. Además, el sistema incluye un depósito de servicio para el almacenamiento temporal de aceite lubricante durante los trabajos de mantenimiento. Se utiliza una bomba estacionaria para transferir el aceite hacia el cárter de aceite del motor. Cuando el cárter de aceite es vaciado, se utiliza una bomba móvil. El sistema de almacenamiento incluye las unidades de bomba para descargar el nuevo aceite en el sistema y para bombear el aceite usado para desecharlo.

5.2.7. Sistema de tratamiento de aceite de lubricación

Los elementos principales del circuito de tratamiento y circulación de aceite se montan en el módulo auxiliar del motor W46/50DF, que incluye una bomba eléctrica de prelubricación, una válvula termostática, el circuito de tuberías, el filtro automático, el filtro de reducción y el refrigerador de aceite. La bomba eléctrica de prelubricación se

conecta en paralelo con la bomba acoplada de alimentación. También se incluyen las conexiones de descarga y llenado.

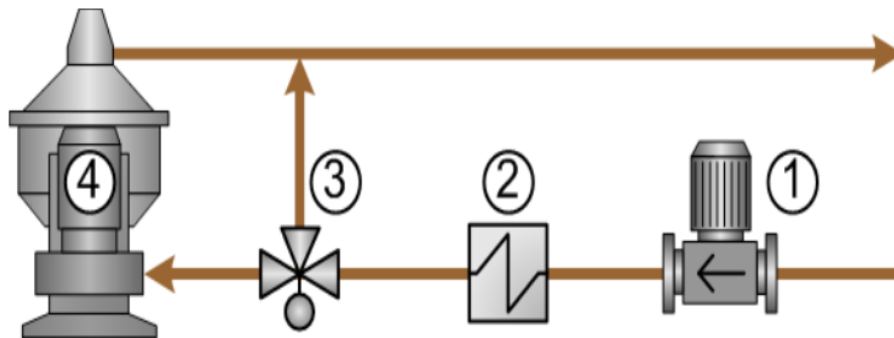


Figura 5. 14-Sistema de tratamiento de aceite. .

- 1- Una bomba de alimentación de aceite.
- 2- Un calentador de aceite.
- 3- Una válvula termostática.
- 4- Separador de aceite.

El circuito completo de tratamiento y circulación de aceite comprende los siguientes módulos y componentes:

- Bomba acoplada de circulación Montada en el motor.
- Módulo auxiliar del motor W46/50DF MOD 0_1.
- Bomba de prelubricación D004.
- Refrigerador de aceite B001.
- Válvula de control de temperatura V003.
- Filtro automático B002/B003.
- Módulo centrífugo de aceite QBB 0_1
- Separador de niebla de aceite QBF 0_1.

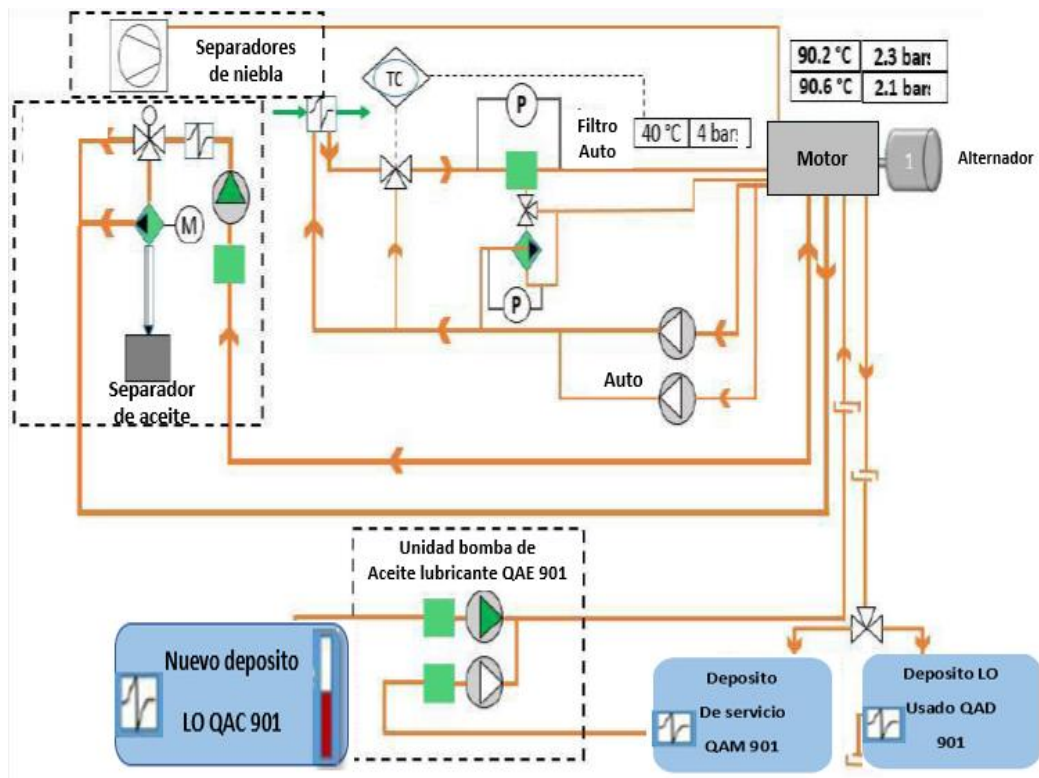


Figura 5. 15-Esquema de circuito de lubricación. .

El aceite lubricante del cárter de aceite del motor circula a través de un separador que elimina el agua y las partículas sólidas del aceite. Para garantizar la calidad del aceite lubricante, el separador debe funcionar continuamente. La unidad de separador incluye una bomba de alimentación accionada eléctricamente, que funciona a corriente constante.

Un calentador y una válvula de derivación accionada automáticamente garantizan que el aceite que entra en el separador está en la temperatura correcta. Las impurezas retiradas del aceite se recogen en un depósito de lodo en una unidad de separación. El depósito de lodo es vaciado por una bomba accionada por aire. La unidad de separación tiene conexiones para el aire comprimido y el agua de servicio. Una unidad de control supervisa y controla el funcionamiento del sistema de separación.

- **Procedimiento de tratamiento de aceite:**

- Controlar y verificar la disposición del circuito.
- Controlar el nivel de aceite en el cárter del separador de aceite.
- Verificar y controlar la presencia de fugas.
- Controlar cualquier alarma que aparezca en el cuadro de control del separador Alfa Laval (Análisis de las alarmas antes de cargarlas).
- Control periódico de la marcha continua del separador de aceite en paralelo con el grupo Diésel en servicio.

- En el caso de indisponibilidad del separador del grupo se sustituye por el separador común.
- Registrar los parámetros de funcionamiento de cada 2 horas de marcha de los separadores.

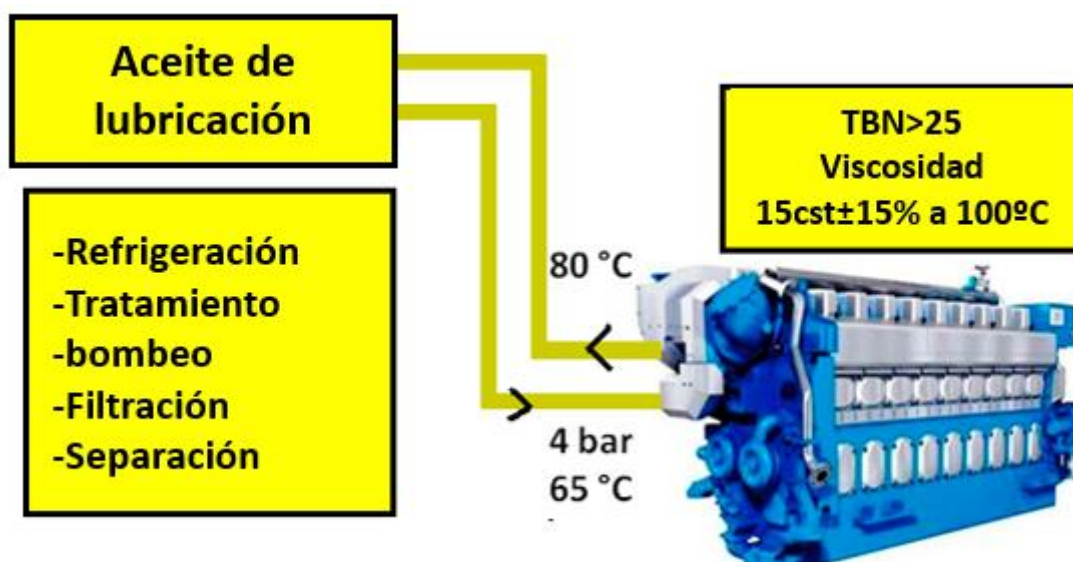


Figura 5. 16-Resumen del funcionamiento del sistema de aceite de lubricación. propio

Unidad	Capacidad
Bomba de circulación	280 m3/h
Bomba de pre-lubricación	96 m3/h
Separador de aceite	5 m3/h y 9000 rpm
Bomba de trasvase de aceite nueva	8,1 m3/h
Bomba de transferencia móvil	8,1 m3/h
Bomba de transferencia estacionaria.	8,1 m3/h
Potencia del refrigerante de aceite	2070 kW
Volumen de aceite del cárter	12 m3
Tamaño de malla filtro	30 µm
Depósito de aceite nueva	55 m3
Depósito de mantenimiento de aceite	16 m3
Depósito de aceite residual	30 m3

Tabla 5. 1- Características técnicas de aceite de lubricación. .

5.3. Sistema de agua de refrigeración

5.3.1. Descripción del circuito de agua de refrigeración

La función principal del circuito de refrigeración del motor es de evacuar el calor generado por el motor y mantener la temperatura del colector del aire de sobrealimentación y la temperatura del aceite de lubricación en los valores nominales. Una función secundaria es precalentar el bloque del motor.

El sistema de refrigeración del motor WARSILA W16V46 utiliza agua tratada procedente del depósito de agua tratada de 55 m³, mezclada con un aditivo químico en el depósito de mantenimiento. El sistema se divide en un circuito de agua de refrigeración de baja temperatura (BT) y alta temperatura (AT). El agua de refrigeración circula por el motor mediante bombas centrífugas accionadas directamente y montadas en el motor.

El agua se enfría en los radiadores mediante ventiladores de refrigeración accionados eléctricamente. La temperatura en los circuitos BT y AT se controla mediante válvulas de tres vías. La válvula termostática de control de la temperatura dirige el agua hacia los radiadores o hacia el motor, dependiendo de la temperatura del agua. La velocidad de los ventiladores del radiador se regula en función de la temperatura del agua (BT) en el conducto de retorno de los radiadores.



Figura 5. 17-Los radiadores de refrigeración.

5.3.2. circuito de agua de refrigeración

El sistema de refrigeración del motor utiliza agua fresca tratada químicamente. El sistema se divide en un circuito de agua de refrigeración de baja temperatura (BT) y alta temperatura (HT).

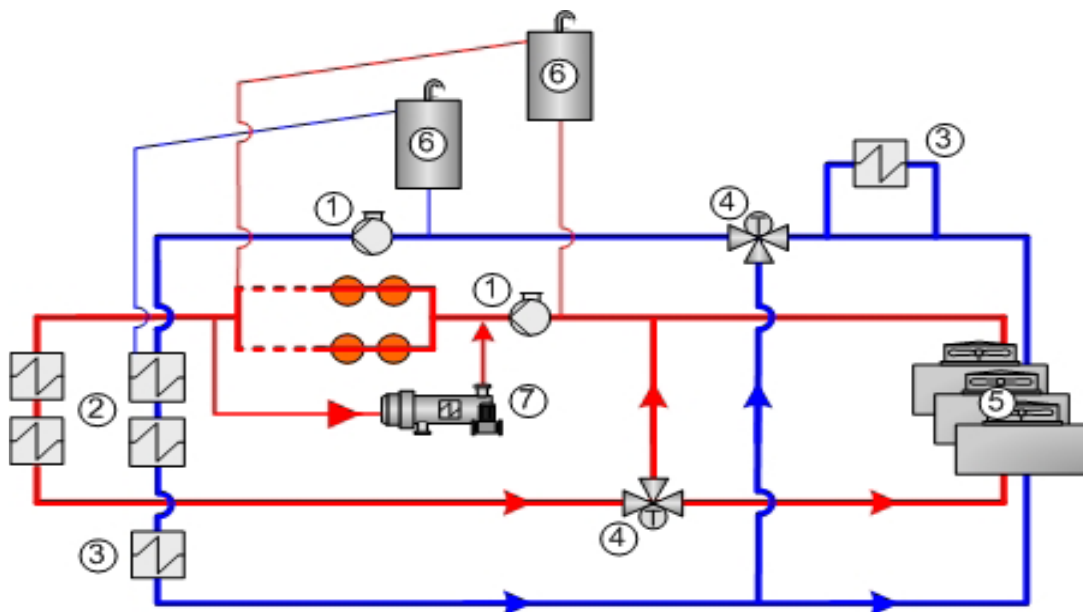


Figura 5. 18-Sistema de agua de refrigeración. Fuente .

- 1- Bomba de circulación.
- 2- Enfriadores de aire de sobrealimentación.
- 3- Enfriadores de aceite de lubricación.
- 4- Válvula de control de temperatura.
- 5- Radiadores.
- 6- Recipientes de expansión.
- 7- Unidad de precalentamiento.

El agua de refrigeración circula por el sistema mediante bombas centrífugas accionadas directamente y montadas en el motor. El agua AT enfría la camisa del motor. También circula a través de los enfriadores de aire de sobrealimentación de la primera planta. El agua BT circula por el enfriador de aceite lubricante y los enfriadores de aire de sobrealimentación de la segunda planta. El agua se enfría en los radiadores mediante ventiladores de refrigeración accionados eléctricamente. La temperatura en los circuitos BT y AT se controla mediante válvulas de tres vías. Las válvulas de control de temperatura dirigen el agua hacia los radiadores o hacia el motor, dependiendo de la

temperatura del agua. La velocidad de los ventiladores del radiador se regula en función de la temperatura del agua BT en el conducto de retorno de los radiadores.

Se utiliza una unidad de precalentamiento para calentar la camisa de agua antes de arrancar el motor. Parte del agua BT que devuelve los radiadores fluye a través de un refrigerador de combustible a través del sistema de circulación de combustible. Una válvula neumática regula el caudal de agua hacia el enfriador en función de la refrigeración necesaria. Los circuitos BT y AT tienen recipientes de expansión separados. Los depósitos de expansión se conectan a los circuitos de agua de refrigeración del motor a través de los tubos de escape.

5.3.3. los circuitos de refrigeración (AT) y (BT)

El agua AT enfría la camisa del motor. También circula a través de los enfriadores de aire de sobrealimentación de la primera planta a una presión de 3 a 4,5 bar y una temperatura de 80 a 90 °C. Al mismo tiempo, el agua BT circula por el enfriador de aceite de lubricación y los enfriadores de aire de sobrealimentación de la segunda planta a una presión de 3 a 4,5 bar y a una temperatura de 40°C a 50°C.

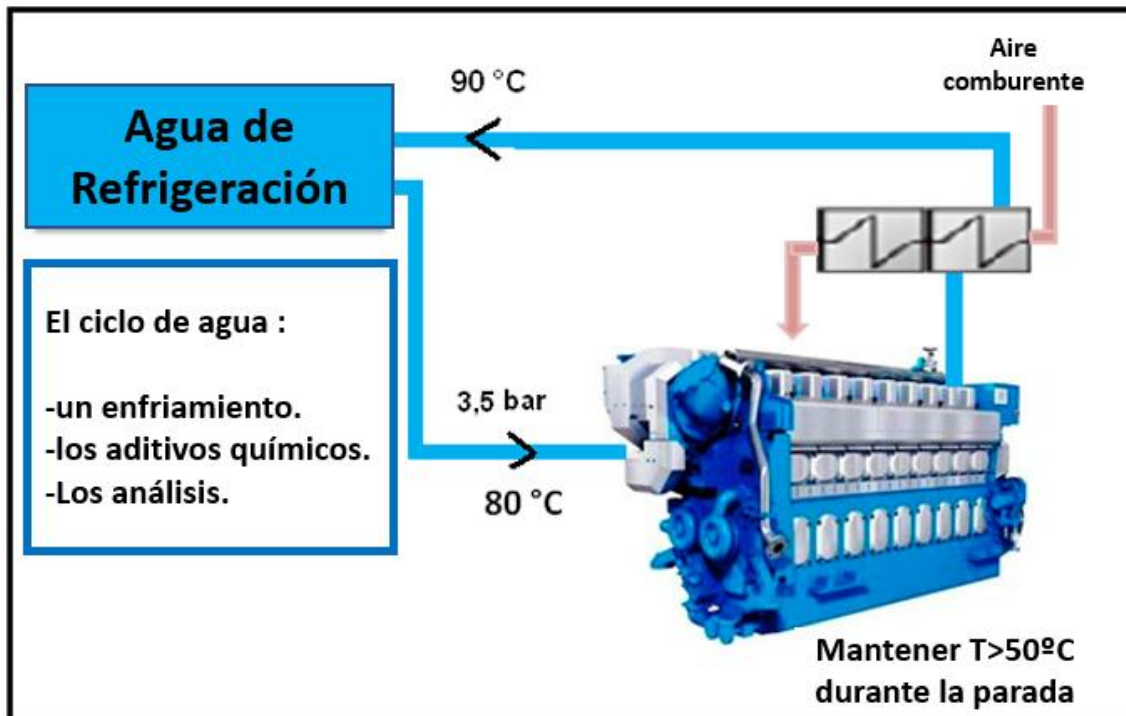


Figura 5. 19-Circuito de agua de alta temperatura (AT).

Una parte del agua BT que regresa a los radiadores fluye a través de un refrigerador para enfriar el gasóleo de retorno del motor. Una válvula neumática regula el caudal de agua hacia el enfriador en función de la refrigeración necesaria.

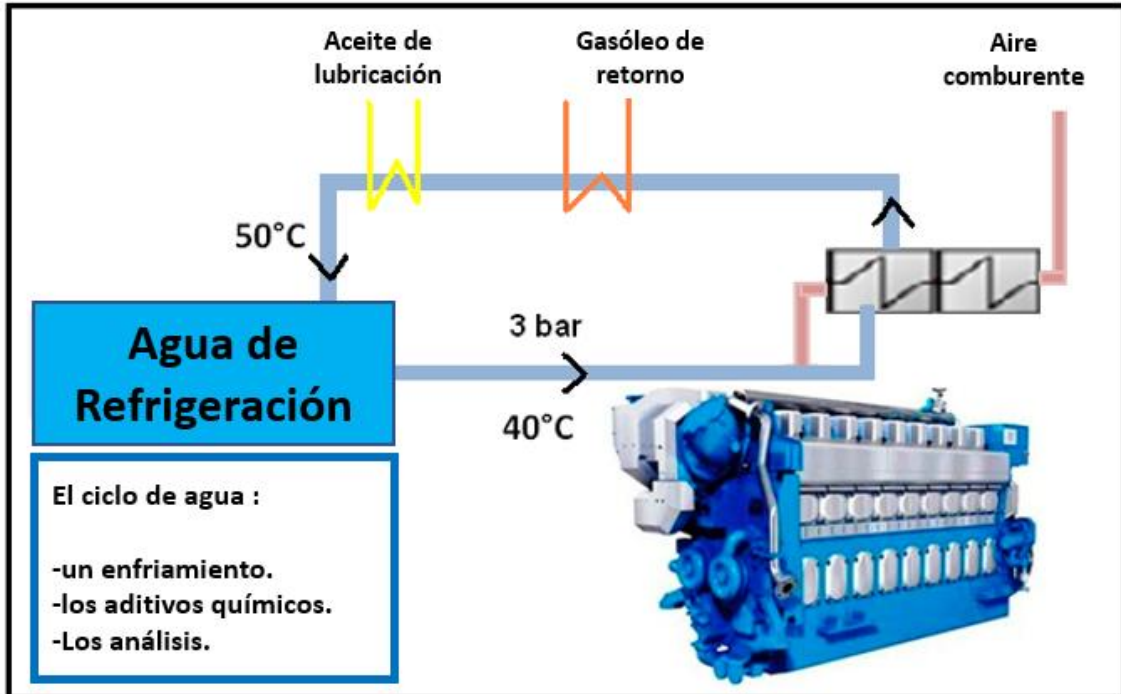


Figura 5. 20-Circuito de agua de baja temperatura (BT).

El circuito de agua de refrigeración incluye dos depósitos de agua de mantenimiento que se utilizan como almacenamiento temporal para el agua tratada durante los trabajos de mantenimiento en el sistema y para el suplemento de agua si es necesario. Los dos tanques de agua de mantenimiento son compartidos por todos los motores. Se añade un aditivo químico en el depósito de mantenimiento para proteger el circuito cerrado de la corrosión.

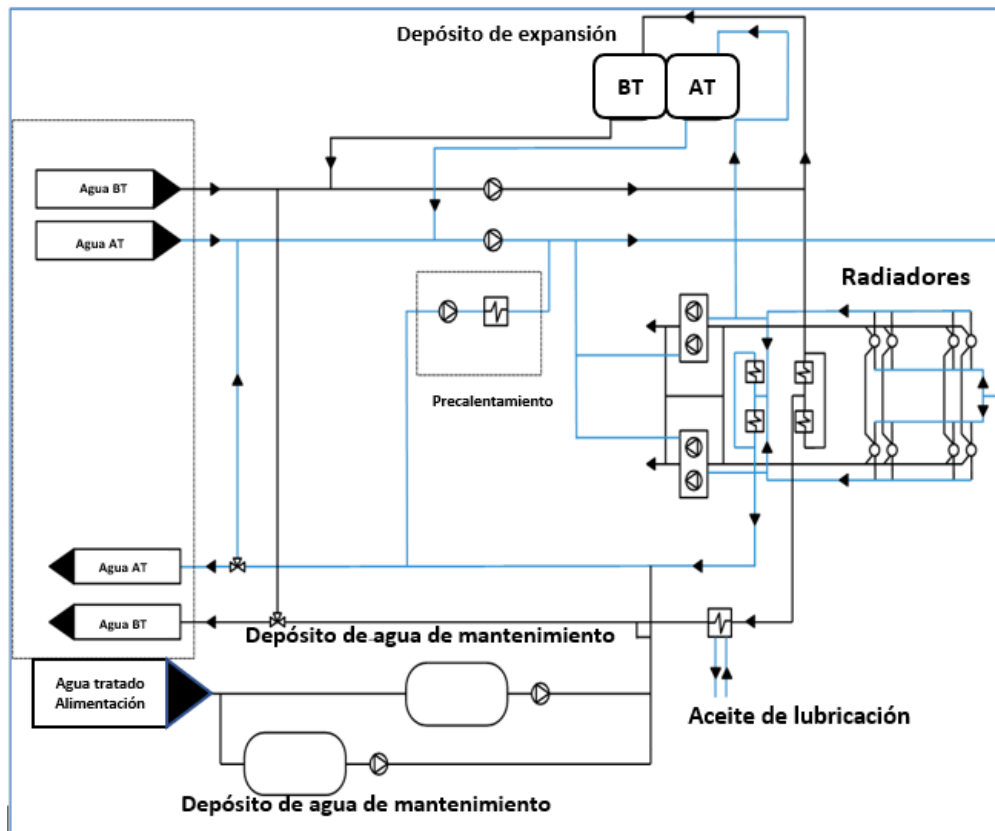


Figura 5. 21-Resumen del circuito de agua de refrigeración. .

La bomba centrífuga del circuito BT hace circular agua a través de un refrigerante de aire de sobrealimentación y el enfriador de aceite de lubricación. La válvula de control electroneumático de tres vías BT está configurada para mantener la temperatura constante en el circuito, el circuito BT se utiliza para enfriar el combustible sobrante del motor que se calienta mediante el proceso de combustión interna del motor. El agua AT permite precalentar el grupo motor durante la parada y antes de las arrancadas, también permite evacuar el calor generado por el efecto de la combustión y movimientos de traslación en las camisas de los cilindros y culatas.

Número de radiadores por motor	4
Número de ventiladores por radiador	7
Velocidad de la bomba de precalentamiento	12 m ³ /h
Número de cubas de mantenimiento	2
Volumen de cubas de mantenimiento	10 m ³
Velocidad de la bomba de apoyo	10 m ³ /h
Caudal bomba agua AT	400 m ³ /h
Caudal bomba agua BT	250 m ³ /h

Tabla 5. 2- Características técnicas del Agua de refrigeración.

5.4. Sistema de tratamiento de agua

5.4.1. Descripción del sistema de tratamiento de agua

Las centrales térmicas ya sean nucleares, convencionales de carbón, de fuel o de gas o los ciclos combinados requieren agua de gran pureza para todas las instalaciones de la central, por lo que necesitan de plantas para obtener agua desmineralizada adecuada para su consumo en los consumidores de la central. (planta de tratamiento de fuel, caldera. etc.).

En la central Diésel el circuito se divide en tres partes:

- Circuito de agua bruta.
- Sistema de tratamiento de agua.
- Circuito de distribución de agua.

El agua bruta se bombea directamente en el depósito de agua bruta y de agua contra incendios. El agua bruta se bombea al sistema de tratamiento de agua mediante el módulo sobrepresión.



Figura 5. 22-Depósitos de agua bruta y de contra incendio. propia.

5.4.2. Planta de tratamiento de agua

La planta de tratamiento de agua permite suministrar agua tratada para satisfacer los requisitos de calidad, cantidad de los diferentes usuarios de agua en la central, disminuir la conductividad del 1800 al 25 μ s. el agua tratada se almacena en el depósito

de agua tratada de 55m³ y se distribuye a los consumidores a través de un segundo módulo sobrepresión.

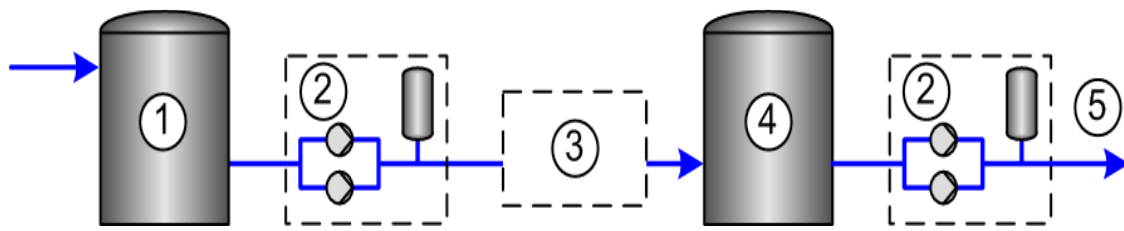


Figura 5. 23-Módulo sobrepresión de tratamiento de agua. .

- 1- Depósito de agua bruta de 700 m³.
- 2- Módulo sobrepresión de agua.
- 3- Unidad de tratamiento de agua
- 4- Depósito de agua tratada 55 m³.
- 5- Agua tratada hacia los consumidores.

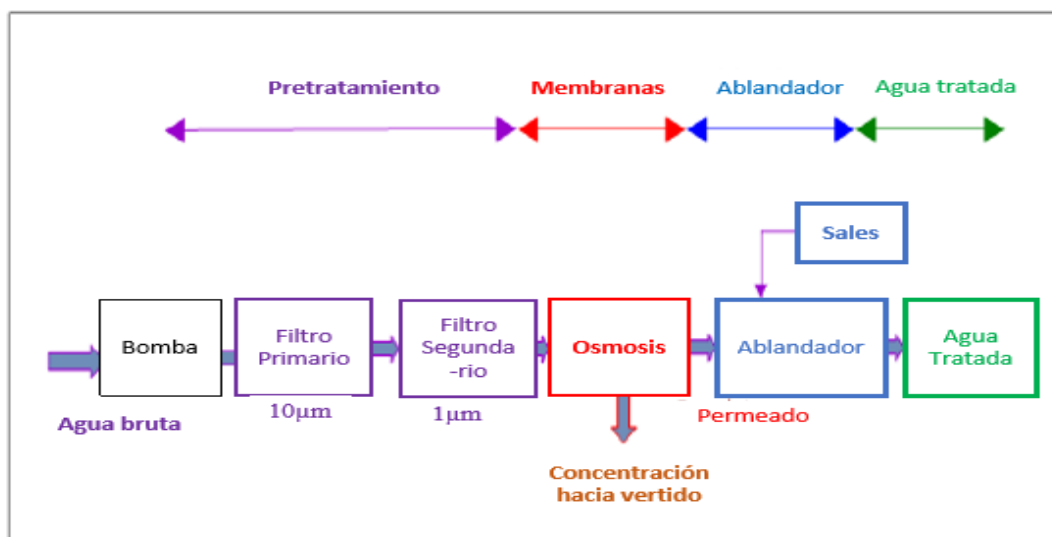


Figura 5. 24-Diagrama de bloques de una planta de tratamiento de agua. .

La unidad de tratamiento de agua mejora la calidad del agua mediante el filtrado, ablandamiento y desmineralización.

La unidad de tratamiento de agua consiste de los componentes principales siguiente:

- Sistema de dosificación.
- Filtro de cartucho 10µm.
- Filtro de cartucho 1 µm.
- Unidad de ósmosis inversa.

- Ablandadores de agua con cubeta de sal para la regeneración de la resina (descalificador de productos químicos).



Figura 5. 25-Unidad de tratamiento de agua. propia.

la planta incluye un grupo de sobrepresión de agua de 4 bar, llevando el agua no tratada del depósito de almacenamiento de agua bruta de 700 m³ a un caudal de 5 m³/h en la planta de tratamiento. El agua no tratada se filtra primero en filtros de 10 μ m y luego a 1 μ m, se inyecta por medio de una bomba dosificadora. A continuación, el agua pasa a través de la unidad de ósmosis inversa produciendo 2,5 m³/h de agua ósmosis.

El agua procedente de la unidad de ósmosis inversa se transfiere a través de suavizadores que contienen resina de intercambio iónico para eliminar la piedra caliza contenida en el agua. La resina de intercambio iónico se regenera con sal NaCl si está saturada de piedra caliza.

La planta de tratamiento de agua está controlada por un panel de control local que mide la conductividad de la entrada y la salida e incluye también el equipo de control y vigilancia de la presión y del caudal en el sistema.

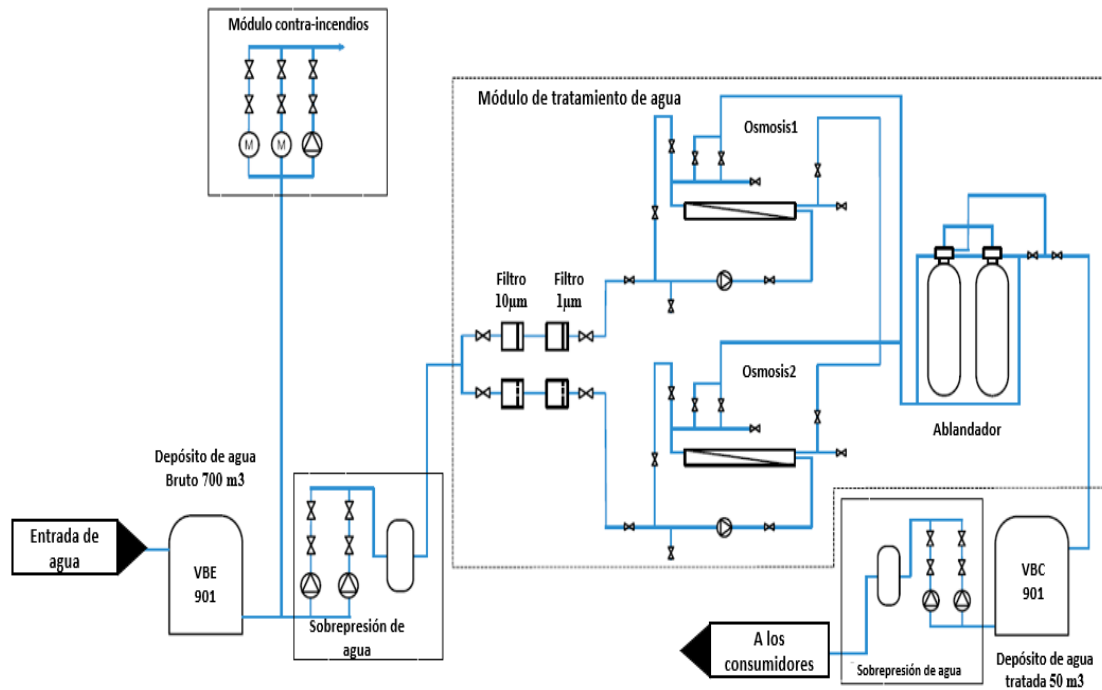


Figura 5. 26-Esquema simplificado del circuito de agua tratada. .

El agua que pasa por las 2 etapas de osmosis y ablandamiento se almacena en un depósito de agua tratada de 55 m3 para garantizar la alimentación de los consumidores que son:

5.4.3. Red de distribución de agua

El sistema de alimentación de agua garantiza un suministro suficiente de agua tratada a la presión correcta hacia la central. Una unidad de tratamiento de agua mejora la calidad del agua para las necesidades de los consumidores. El agua tratada se almacena en un depósito de agua antes de ser distribuida a los consumidores. El sistema consiste en unidades de sobrepresión de agua para abastecer de agua a la unidad de tratamiento y para suministrar a los consumidores el agua tratada procedente del depósito de almacenamiento.

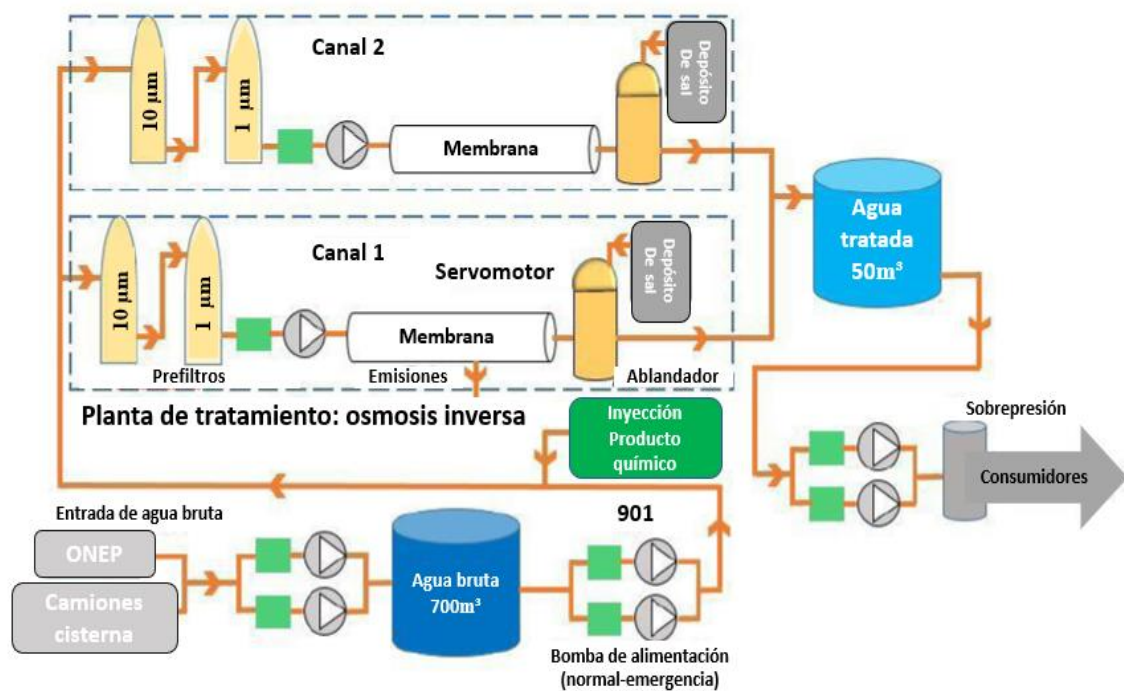


Figura 5. 27-Red de distribución de agua. .

La red de distribución de agua incluye un depósito de agua tratada, un módulo sobrepresión y los consumidores de agua que son:

1. Planta de tratamiento de combustible y aceite de lubricación.

- Módulo de combustible BIA.
- Unidad de tratamiento de aguas oleosas.
- los separadores de combustible y separadores de aceite.
- Refrigeración de los motores.

2. Almacenamiento:

- Depósito de agua de mantenimiento.
- Depósitos de limpieza de turbocompresores.

3. Caldera:

- Módulo de control-mando para la composición del agua.
- Generación de vapor y agua caliente en las calderas.

Todas estas funciones deben realizarse con agua tratada y no agua bruta, ya que contiene un gran número de sales disueltas, así como una gran variedad de impurezas de diferentes dimensiones. El agua tratada debe responder a una serie de características, de lo contrario puede causar varios problemas como:

- La suciedad que generalmente causa:
 - Erosión
 - Corrosión bajo depósitos

- Obstrucción
- Cinta de aislamiento térmico
- Corrosión que causa generalmente:
 - El fenómeno de cavitación.
 - Un adelgazamiento de las paredes de donde perforación del metal y aparición de fugas.
 - Depósitos de óxido que conducen a la obstrucción de la tubería, consumo excesivo de inhibidores y corrosión bajo depósitos.

5.4.4. Sistema Contra incendios

El sistema de contra incendios de la central incluye un sistema de agua de incendio y extintores portátiles.

Las unidades principales del sistema de agua contra incendios consisten en un depósito de agua y bombas de agua contra incendios. Las tuberías de agua de incendio distribuyen el agua en diferentes lugares de la central, como el edificio y las zonas de los tanques. Las bocas y mangueras contra incendios están situadas a lo largo de las tuberías de agua.

El sistema de lucha contra incendios incluye unidades de espuma fijas y móviles. Los extintores portátiles de diferentes tipos se encuentran en lugares estratégicos.

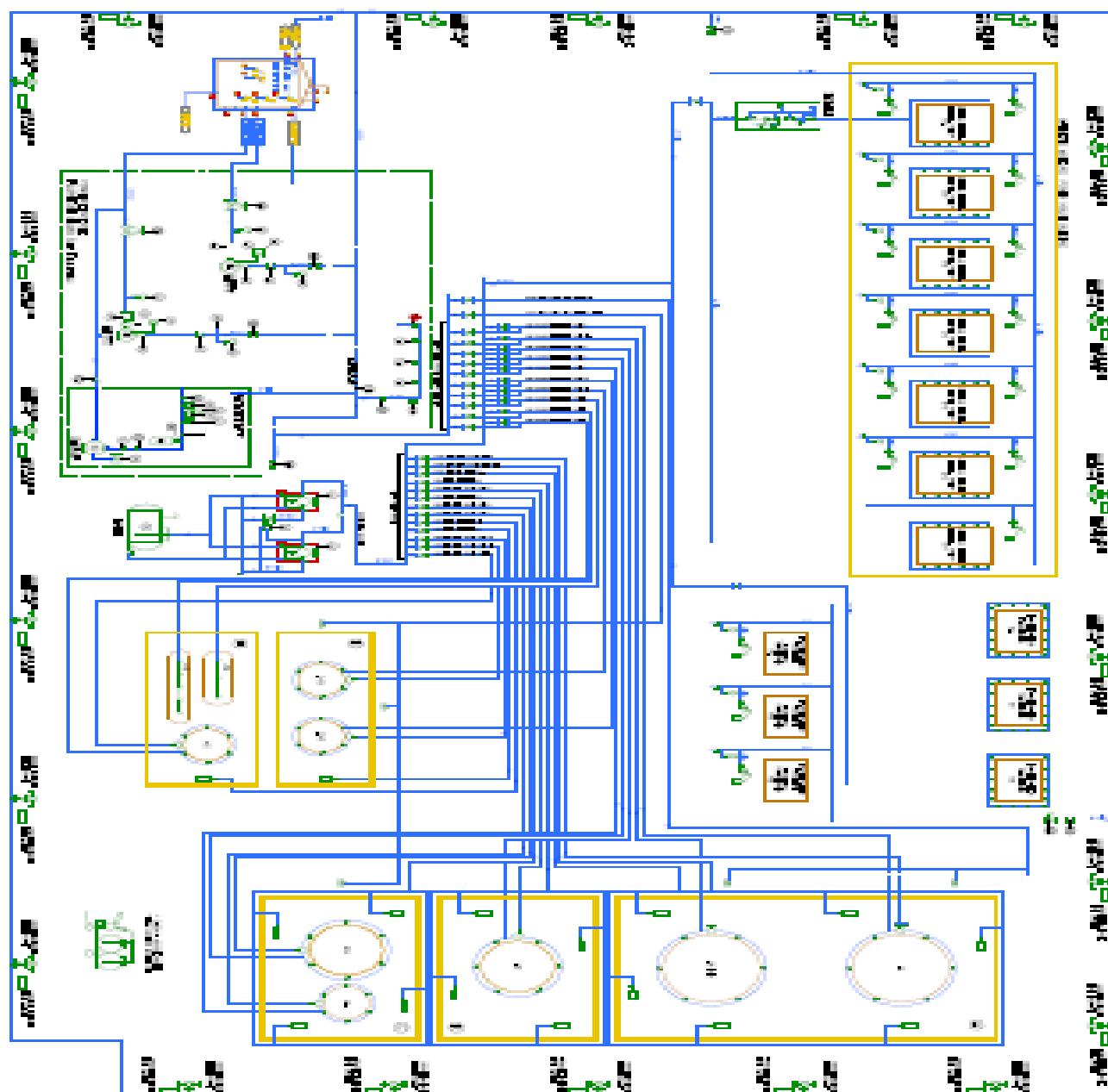


Figura 5. 28-Circuito de contraincendios. .

5.4.4.1. Bombas de agua de incendio:

Las bombas de agua de incendio mantienen la presión en las tuberías de agua de incendio.

Hay dos bombas principales de diésel. Dos motobombas (Jockey) forman parte del sistema de control de las bombas principales.

Las bombas incluyen los accesorios necesarios, como válvulas, los indicadores de presión y paneles de control.



Figura 5. 29-Bombas Diésel contraincendios.

5.4.4.2. Control diario del circuito contraincendios

Cada día debe controlar el circuito de contraincendios de las bombas Diésel:

- Nivel de aceite de lubricación.
- Nivel de combustible.
- Tensión de baterías.
- Funcionamiento automático de Bombas Diésel.
- Funcionamiento del calentador de agua.
- Las alarmas sobre la unidad central de control y pagadas después del análisis y eliminación de defectos.
- La presión de agua en el circuito contraincendios.

- Verificar el nivel del depósito de espuma.
- Ensayos de 5 minutos a pie cada semana y asegurarse del buen funcionamiento de las Bombas Diésel.
- Verificar el nivel de aceite de las bombas (Fire Dos) de la espuma
- Ensayos semestrales del sistema de riego de los depósitos

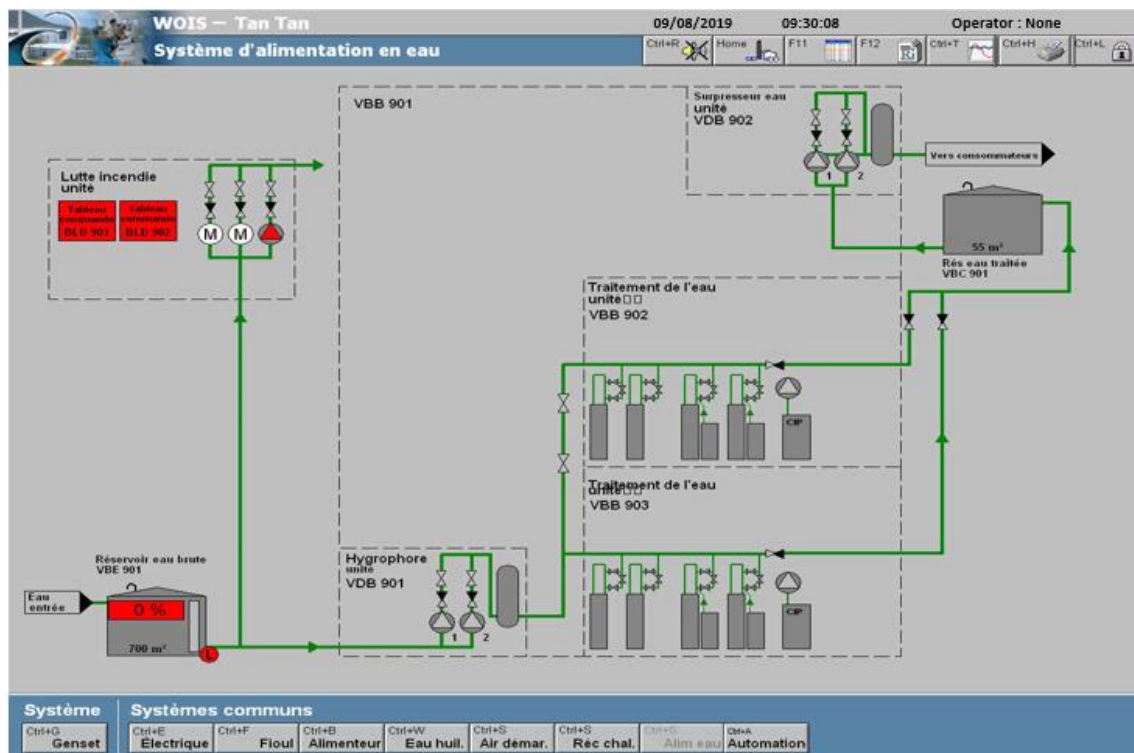


Figura 5. 30-Control principal del sistema de tratamiento de agua y contraincendios desde la sala de control.

Capacidad del depósito de agua de incendio	3000 m3
Capacidad del depósito de agua bruta	700 m3 (100 m3 para la explotación y 600 m3 para el agua de incendio)
Capacidad del depósito de agua tratado	55 m3
Caudal Bomba de sobrepresión	5 m3/h
Presión de funcionamiento de la bomba	4 bar
Caudal de bomba diésel	871 m3/h

Tabla 5. 3-Características Técnicas. .

5.5. Sistema de tratamiento de efluentes

5.5.1. Descripción del circuito de efluentes

Los efluentes líquidos de una central de Diésel provienen del circuito de refrigeración y de los distintos procesos que se llevan a cabo.

En cuanto al agua de refrigeración, las características del vertido dependen del sistema de refrigeración y del origen del agua que se utilice, del mar o dulce.

Las aguas de proceso tienen diversos orígenes: efluentes de purga de caldera, aguas que pueden haber estado en contacto con aceites o combustibles, efluentes de la planta de producción de agua desmineralizada y aguas sanitarias. Normalmente cada uno de estos efluentes es depurado por separado, y una vez que tiene la calidad necesaria, es conducido a una balsa común, en la que se analiza el vertido de aguas de proceso en su conjunto para comprobar que no se supera ninguno de los parámetros establecidos en las diversas normativas de aplicación.

Por último, hay algunas aguas que no son vertidas a los cauces públicos, y que deben ser retiradas por gestores autorizados para su tratamiento. Son las aguas de limpieza del compresor y las aguas de limpieza de la torre de refrigeración, aguas de limpieza de caldera, y en general, cualquier agua que pueda contener contaminantes que no puedan depurarse de forma oportuna. Es conveniente recordar que está absolutamente prohibido alcanzar los límites de concentración de un contaminante por dilución.

5.5.2. Circuito de tratamiento de efluentes

El circuito de tratamiento de efluentes permite el tratamiento de las emulsiones de aguas oleosas mezcladas procedente de los grupos y sistemas auxiliares.

La transferencia de las aguas oleosas procedentes de los tres pozos de agua oleosa y el depósito de agua de limpieza de las calderas se realizará mediante las bombas de transferencia hacia un depósito tampón de aguas oleosas. Desde este tanque, los efluentes se transfieren al módulo de tratamiento de aguas oleosas o al tanque de lodos mediante la modulación de una válvula de tres vías.

El módulo de tratamiento de aguas oleosas consta de dos cubas que utilizan la técnica de flotación por aire disuelto, un sistema de dosificación de productos químicos y un filtro de carbón activado.

La primera etapa, conocida como la fase de separación de hidrocarburos, asegura la separación de las partículas de hidrocarburos libres contenidas en el agua oleosa. A partir de esta etapa, el agua emulsionada pasa por una serie de mezcladores en los que se dosifican los productos químicos de proceso mediante bombas dosificadoras para proporcionar coagulación y floculación para facilitar la separación.

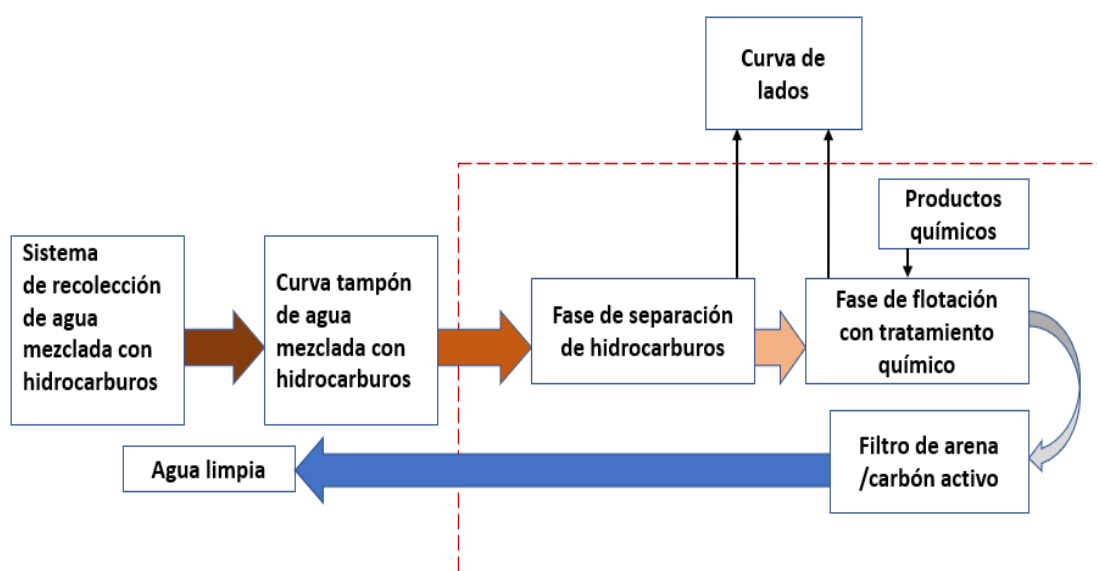


Figura 5. 31-Esquema de las fases de aguas oleosas.

Finalmente, el agua separada pasa a través de un filtro de carbón. Los lodos almacenados en el depósito de lodos se descargan por la boca de descarga en camiones cisterna o se envían al incinerador.

5.5.3. Recuperación y tratamiento de aguas oleosas

El sistema de las aguas oleosas o sistema de lodo incluye: la recogida de las aguas oleosas, almacenamiento, bombeo, tratamiento y la incineración. Las aguas oleosas se recogen en los pozos y se envían al depósito tampón o directamente al depósito de lodos. Cada pozo tiene su propia unidad de bomba de transferencia diseñada para vaciarlo automáticamente cuando está lleno. Desde el depósito tampón,

el agua oleosa se bombea al sistema de tratamiento (Senitec). El agua mezclada con hidrocarburos se trata para permitir su vertido en la naturaleza, mientras que los lodos procedentes del tratamiento se bombean hacia el depósito de lodos para ser cargados en camión o ser incineración.

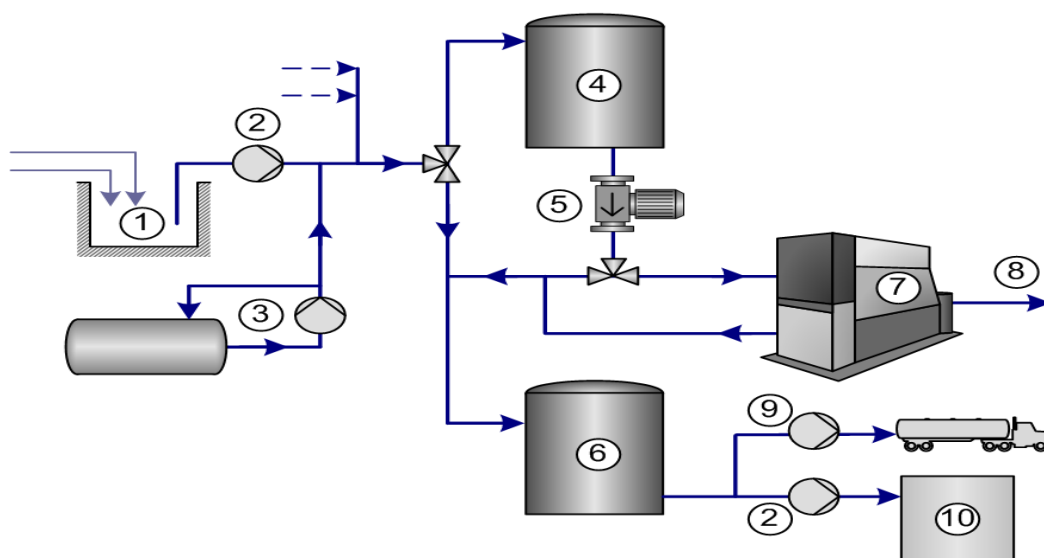


Figura 5. 32-Recuperación y tratamiento de aguas oleosas. Fuente .

- (1) Pozos de recogida de agua oleosa.
- (2) Bomba de transferencia de agua oleosa .
- (3) Depósito de agua de limpieza de la caldera.
- (4) Depósito tampón de agua oleosa.
- 5) Bomba de alimentación de agua mezclada con aceite.
- (6) Depósito de lodo.
- 7) Unidad de tratamiento de aguas oleosas.
- (8) Salida de agua tratada.
- (9) Bomba de carga de lodos.
- (10) Incinerador.

El sistema de agua oleosa recoge el agua contaminada por el aceite y la separa en agua limpia y lodo. Los pozos de agua aceitosa recogen el agua oleosa en diferentes lugares de la central, por ejemplo, de la zona del depósito y de los pozos en la sala de máquinas. Las unidades de bomba de transferencia vaciarán los pozos de recogida hacia el depósito tampón de agua oleosa. Las bombas de transferencia funcionan según las señales de los contactores de nivel en los pozos colectores. El sistema también recibe lodos de unidades equipadas con bombas de lodo separadas, El agua de limpieza

de los quemadores de gas de escape se transfiere al sistema de agua oleosa. Dado que el agua es ácida, debe ser neutralizada antes de que el depósito de recogida se vacía. La unidad de bomba de transferencia se utiliza para hacer circular el agua durante el procedimiento de neutralización. En caso de mal funcionamiento del sistema de tratamiento o si el pozo de recogida contiene principalmente aceite, el agua oleosa puede bombearse directamente al depósito de lodo, El depósito de recuperación se selecciona con una válvula de tres vías accionada manualmente. Una bomba de alimentación transfiere el agua aceitosa del depósito tampón a la unidad de tratamiento. Una válvula de tres vías en el lado de salida de la bomba permite bombear el agua oleosa del depósito tampón al depósito de lodo, si es necesario. El lodo descargado de la unidad de tratamiento se bombea al depósito de lodo. El lodo se descarga del depósito a un camión cisterna mediante una unidad de bomba de descarga de lodo o a un incinerador mediante una unidad de bomba de transferencia de agua aceitosa.

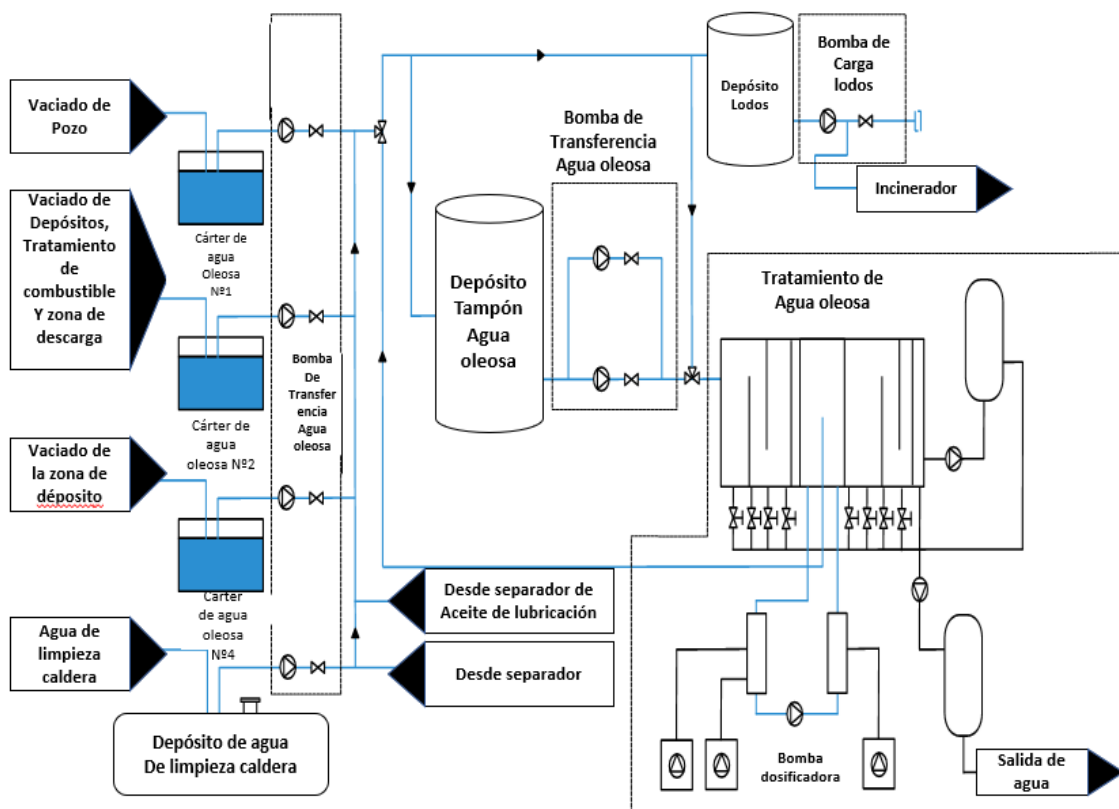


Figura 5. 33-Circuito principal de todos los procesos de tratamiento de efluentes.

Capacidad depósito agua oleosas	55m3
Capacidad depósito de lodos	80m3
Caudal Bombas de transferencia de agua oleosa	6 m3/h
Caudal bomba de carga de lodos	6 m3/h
Capacidad de la cámara de combustión	200 litros/h
Caudal Bomba de alimentación del Senitec	1 m3/h

Tabla 5. 4- Características Técnicas. .

5.6. Sistema de aire comprimido

En la mayoría de las instalaciones el "Aire Comprimido" se considera como una Fuente de Energía comparable a la electricidad, el gas y el agua. En general es utilizado para el manejo de equipos de planta y para instrumentación. En ambos casos la presión de la red es entre 6 y 7 bares.

El uso del aire comprimido en equipos de planta hace referencia a dispositivos robustos como taladros, pulidores, motortools, elevadores, motores y otros. En este caso el aire debe tener una calidad aceptable de humedad e impurezas.

5.6.1. Descripción de circuito de aire comprimido

El aire comprimido se utiliza para arrancar el motor entrando directamente en los cilindros. Además del funcionamiento de las válvulas de aire y las bombas accionadas por aire, también se requiere un suministro fiable de aire comprimido.

Por lo tanto, el módulo de aire comprimido incluye dos subsistemas con compresores separados que son aire de servicios y aire de instrumentos.

A- Aire de servicios:

Los compresores de aire de arranque son compresores bicilíndricos, de dos etapas, refrigerados por aire y de pistón, contruidos para una presión efectiva de funcionamiento de 30 bar. El aire comprimido se enfría en dos etapas, primero con un enfriador intermedio entre las etapas de compresión y luego con un enfriador justo antes de que el aire salga del compresor.

Cuando el compresor está en marcha automática se inicia y se detiene en función de la presión en el circuito. Se reinicia cuando la presión cae a 22... 24 bar y se detiene a 30 bar. Una alarma de baja presión se activa a 18 bar.

B- Aire de instrumentos:

El compresor de aire de los instrumentos está diseñado para funcionar de forma continua, produciendo aire comprimido seco de alta calidad. Este aire es necesario para el equipo de instrumentación de la planta y como aire de funcionamiento para las bombas de diafragma, los sopladores y otras herramientas que requieren aire

comprimido. La presión máxima de funcionamiento del módulo es de 10 bares, mientras que la presión de funcionamiento efectiva es de 7 bares.

El compresor de aire instrumentado consiste en un compresor de tornillo, un depósito de aire comprimido y un as-secador por refrigeración de aire.

5.6.2. Funcionamiento del circuito de aire comprimido

Dos canales de aire comprimido son necesarios para la central eléctrica. Canal del aire de alta presión de 30 bar necesario para arrancar el motor lo suministran las unidades de aire de servicio, mientras que las unidades de aire de instrumentos de 7 bares suministran aire de baja presión a los dispositivos neumáticos del motor y los sistemas auxiliares. El módulo de aire de servicio está conectado al sistema de aire del instrumento a través de líneas de reducción de presión. Esto permite que las unidades de aire de servicio se utilicen como respaldo de los compresores de aire de los instrumentos.

Las cubas de aire para el almacenamiento de aire comprimido están montadas en el sistema de aire de servicio y en el sistema de aire de los instrumentos. El motor arranca autorizando el aire comprimido entre directamente en los cilindros.

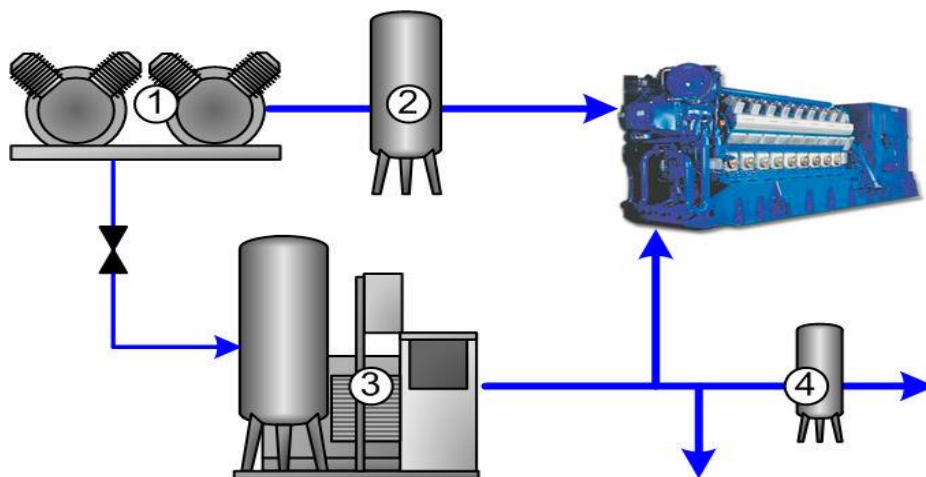


Figura 5. 34-Esquema simplificado del circuito de aire comprimido. propia.

1. Unidades de aire de servicio
2. Cubas de mezcla de aire de servicio
3. Unidades de aire de instrumento
4. Bombona de aire de los instrumentos.

5.6.3. Instrucciones de funcionamiento de circuito de aire comprimido

5.6.3.1. El arranque de la unidad del aire de servicio

- 1) Preparar la unidad de funcionamiento.
 - A) Verificar el nivel de aceite en los compresores. El nivel de aceite se verifica a partir de la mirada acristalada.
 - B) Si los compresores han estado fuera de servicio durante más de 6 meses, debe retirar las válvulas y lubricar las paredes de los cilindros.
 - C) Comprobar que las válvulas de cierre manual de las tuberías de purga de los secadores de agua estén abiertas.
- 2) Abrir las válvulas en el conducto de aire comprimido.
- 3) Activar la alimentación eléctrica hacia los compresores desde el panel de control.
- 4) Arrancar la unidad de compresor con el selector de modo de funcionamiento.

En principio, los compresores se deben poner en el funcionamiento automático.
- 5) Verificar que todos los componentes funcionan normalmente.

Inspeccionar la instrumentación y verificar las fugas de aire y aceite.

5.6.3.2. El arranque de la unidad de aire de los instrumentos

- 1) Verificar el nivel de aceite en el compresor.
- 2) Activar la alimentación eléctrica hacia la unidad con el conmutador principal.
- 3) Activar el secador de aire.
- 4) Cuando el secador de aire haya estado en funcionamiento durante unos minutos, conectarlo al sistema de aire comprimido.
 - A) Abrir lentamente la válvula de entrada.
 - B) Abrir la válvula de salida.
 - C) Cerrar la válvula de derivación.
- 5) Arrancar el compresor desde la unidad de control.
- 6) Comprobar que la unidad funciona correctamente.

El secador de aire siempre debe estar activado cuando el compresor está en funcionamiento. Del mismo modo, mantener el secador en marcha durante unos minutos después de la parada de la parada del compresor para evitar la formación de condensación en el sistema.

Durante el arranque debe observar:

- La presión de funcionamiento

- La presencia de fugas
- La presencia del ruido y vibración
- Las horas de operación.

En caso de fallo del módulo de aire de los instrumentos, estos dos módulos pueden interconectarse, lo que permite al compresor de aire de servicio suministrar aire al equipo de instrumentación. Sin embargo, es preferible evitarlo, debido a las diferentes calidades de aire.

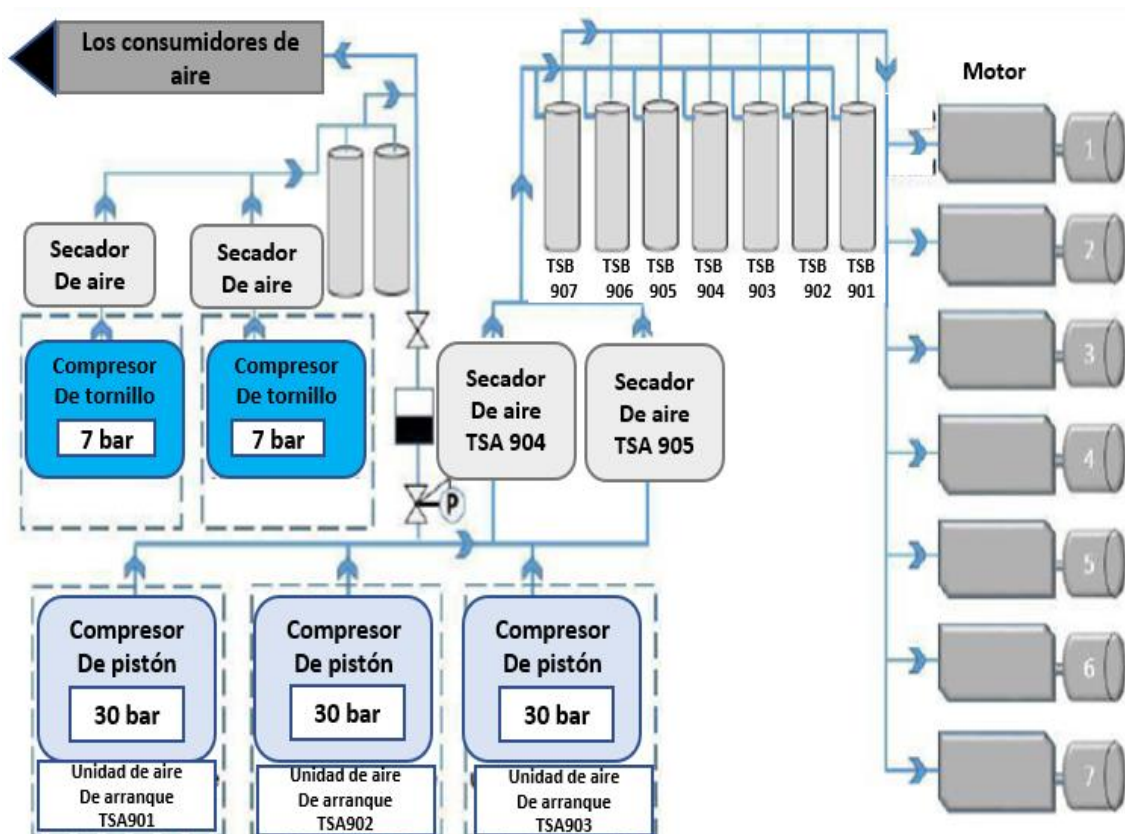


Figura 5. 35-Esquema del circuito de aire comprimido.

Número de compresores AP	6
Caudal de compresor AP	108 m3/h
Número de tanques AP	7
Volumen de cubas AP	7x3000 litros
Número de compresores BP	2
Velocidad del compresor BP	127,8 m3/h
Número de tanques BP	5
Volumen de los tanques BP	2x3000 litros + 3 x 500 litros

Tabla 5. 5-Características Técnicas.

5.7 Sistema de agua sobrecalentada

5.7.1. descripción del circuito de agua sobrecalentada

El agua caliente y el vapor se producen en la central eléctrica mediante la recuperación de calor de los gases de escape de los motores. Una caldera auxiliar funciona como una caldera de reserva y produce vapor cuando todos los motores están apagados.

El vapor y el agua caliente se utilizan para aplicaciones de calefacción. El vapor se produce en calderas de escape específicas del motor. El vapor procedente de las calderas de gas de escape pasa entonces al depósito de vapor desde el que se transporta el agua caliente a una unidad de bomba de distribución de agua a los consumidores. Además de las calderas de escape, el sistema consta de una caldera auxiliar que puede utilizarse para producir vapor en situaciones de arranque y como caldera de reserva. Cuando se utilice como caldera de reserva para las calderas de gas de escape, la caldera auxiliar se arrancará automáticamente si la producción de vapor procedente de la caldera de gas de escape no permite cubrir la demanda de vapor. Las unidades del sistema de generación de vapor son controladas por un panel de control común.

5.7.2. Circuitos de agua sobrecalentada

El agua sobrecalentada se utiliza principalmente para la calefacción de gasóleo. En efecto, la inyección del combustible en el motor, su separación, así como su transferencia requieren temperaturas precisas y de ahí la necesidad de su calentamiento.

El agua sobrecalentada se produce en la central recuperando el calor de los gases de escape de los motores.



Figura 5. 36-Calderas de recuperación.

El agua sobrecalentada se utiliza para la calefacción en varios puntos tales como:

- Calefacción de masa de los depósitos de fuel
- Mantener el combustible en los depósitos a una temperatura que permita bombearlo en buenas condiciones.
- las tuberías de combustible y la alimentación de los diferentes recalentadores
- El calentamiento del agua de tratamiento de combustible y aceite en los separadores.
- Recalentamiento del fuel módulo de alimentación
- Calentamiento del aceite en la entrada del separador

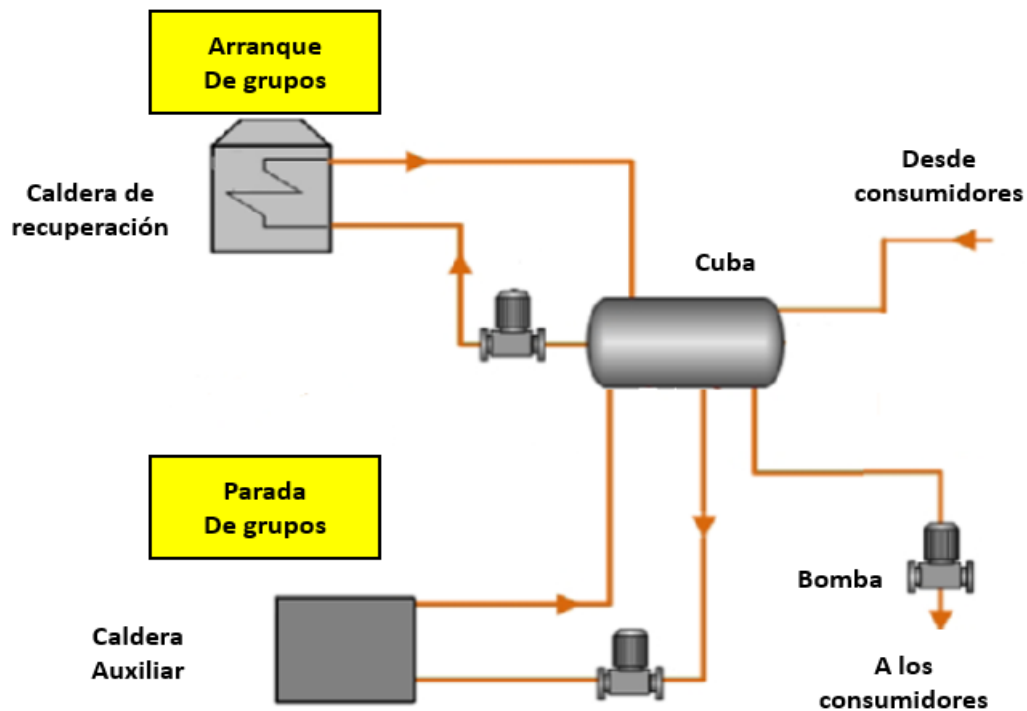


Figura 5. 37-Esquema de circuito de agua sobrecalentada.

5.7.3. Caldera auxiliar

La caldera auxiliar se utiliza para calentar el agua durante el arranque de la central quemando fuel BIA. La caldera también se utiliza para el mantenimiento del sistema de recuperación de calor y como caldera de reserva para calderas de gas de escape. El quemador BIA en la caldera auxiliar se controla mediante contactores de temperatura según la temperatura de la caldera auxiliar. La caldera está equipada con las válvulas, indicadores de temperatura y presión necesarios y un sistema de control de nivel. Una válvula accionada por un motor regula el caudal de agua de alimentación hacia la caldera según el nivel en la caldera. La caldera está equipada con una conducta de muestreo con enfriador. Un depósito BIA permite garantizar una alimentación de combustible suficiente para la caldera. El depósito está equipado con válvulas, un indicador de nivel y un conmutador de nivel para alarmas de bajo nivel. El depósito también tiene una conducta de purga.



Figura 5. 38-Caldera auxiliar.

El agua se bombea de la cubeta de agua de alimentación al depósito de vapor por medio de una unidad de bomba de agua de alimentación. El agua del depósito de vapor se bombea a las calderas de gas de escape a través de las bombas de circulación de agua. El agua de las calderas de gas de escape pasa luego al depósito de vapor desde el que se transporta el agua caliente a una unidad de bomba de distribución de agua a los consumidores.



Figura 5. 39-Depósitos de vapor. propia.

Se inyecta un aditivo químico por medio de las bombas dosificadoras (NALCO 72400 o equivalente) a nivel del depósito de vapor para evitar problemas de suciedad y corrosión. Cuando la producción supera el consumo de calor, el agua sobrecalentada pasa a través de un radiador para mantener la temperatura y la presión correctas en el globo de vapor evacuando el exceso de calor, la regulación se asegura mediante una válvula termostática.

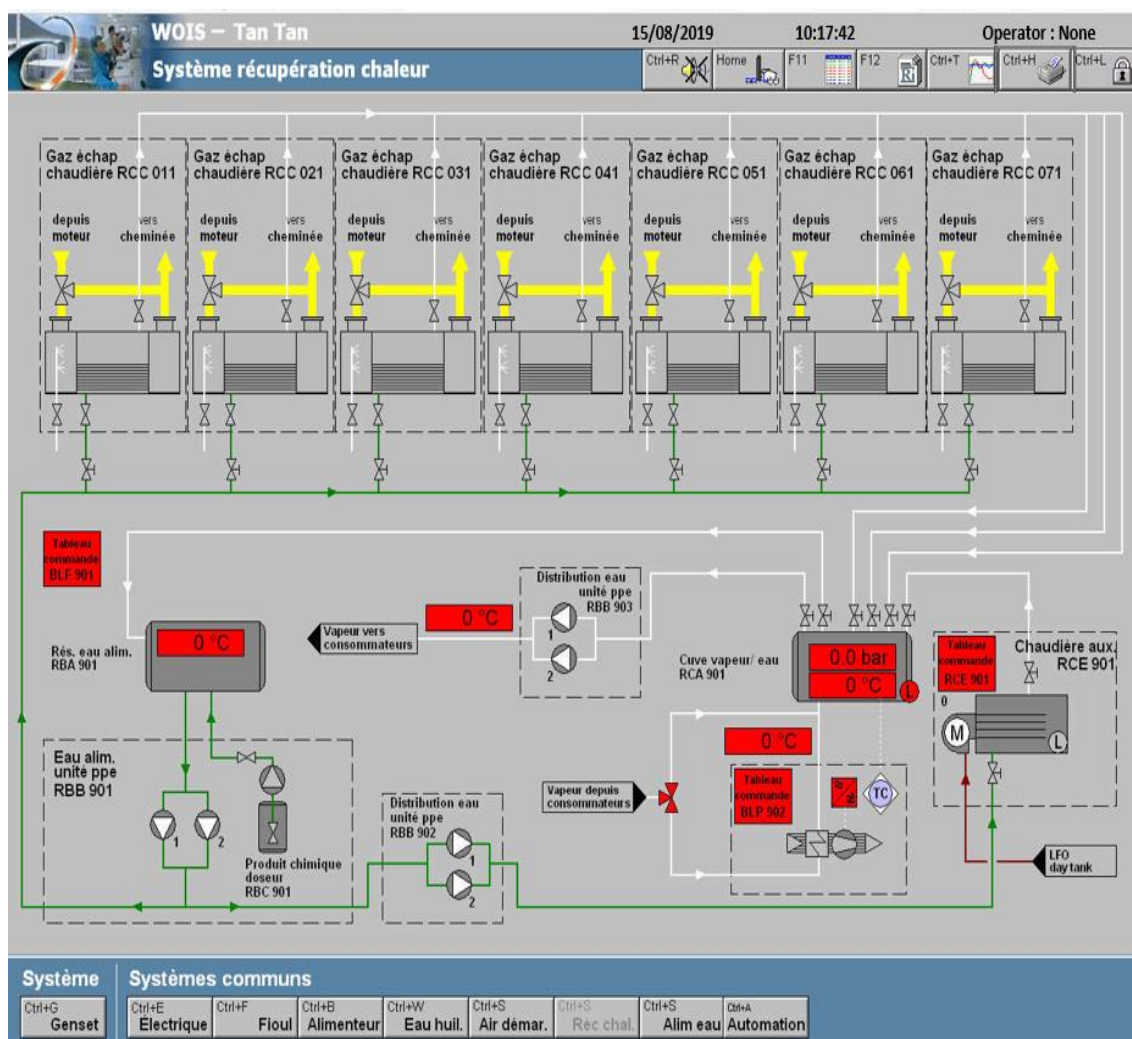


Figura 5. 40-Control del sistema de recuperación de calor desde la sala de control. .

Capacidad de la caldera de recuperación	686 kW
Capacidad de la caldera auxiliar	2000 kW
Capacidad de la cubeta de alimentación	2 m3
Caudal bomba de circulación	8,9 m3/h
Caudal bomba de distribución	75 m3/h
Caudal Bomba de alimentación	4 m3/h
Capacidad del depósito de vapor	9 m3
Capacidad del depósito BIA	1 m3

Tabla 5. 6- Características Técnicas. .

5.7.4. Preparación del sistema de generación de agua sobrecalentada en el arranque

Para minimizar la tensión térmica provocada por la diferencia de temperatura, el arranque de las calderas de gas de escape debe efectuarse paralelamente al calentamiento del motor.

1. Activar la alimentación eléctrica de las unidades del sistema.
2. Llenar la cuba de agua de alimentación.
 - a) Comprobar la disponibilidad de agua de reposición.
 - b) Asegurarse de que las válvulas del depósito de agua de alimentación están en posiciones correctas.
 - c) Llenar la cuba hasta que se alcance el nivel normal.
3. Preparar la unidad de dosificación de productos químicos para su funcionamiento
 - A) Comprobar que se ha añadido la cantidad correcta de productos químicos y rellenar la unidad de apoyo.
 - B) Abrir la válvula de cierre en la tubería del depósito de agua de alimentación.

La dosificación química se realiza automáticamente en función del funcionamiento de la válvula de control de agua complementaria.

4. Preparar el sistema de agua de alimentación, las calderas de gas de escape y la caldera auxiliar para el funcionamiento.
 - A) Verificar que todas las válvulas están en la posición correcta.
 - B) Verificar el suministro de agua de refrigeración a los enfriadores de muestras. Asegurarse de que las válvulas de muestreo y de entrada de agua de refrigeración están cerradas.
 - C) Poner en marcha la bomba de agua de alimentación para llenar el sistema.

Verificar que las secciones necesarias de las calderas de escape y auxiliares están completamente llenas.

- D) Ajustar una de las bombas de alimentación en modo de funcionamiento y la otra en modo de espera.
6. Abrir las válvulas de entrada y salida de los conductos BIA hacia la caldera auxiliar.

5.8. Sistema de aire de carga y Gases de escape

5.8.1. Circuito de aire de carga

La función principal del sistema de aire de carga es suministrar al motor una cantidad suficiente de aire limpio y seco.

El aire es aspirado por el lado del turbocompresor a través del filtro de aire de carga y el silenciador, de ahí que el aire es enviado al enfriador de aire de carga y luego al colector de aire de carga del motor.

El circuito de aire de carga externa consiste en un filtro de aire y un silenciador. El sistema interno consiste en refrigerantes de aire de carga BT y AT.

El silenciador en la admisión de aire de carga reduce los sonidos de alta frecuencia generada por la turbina del turbocompresor.

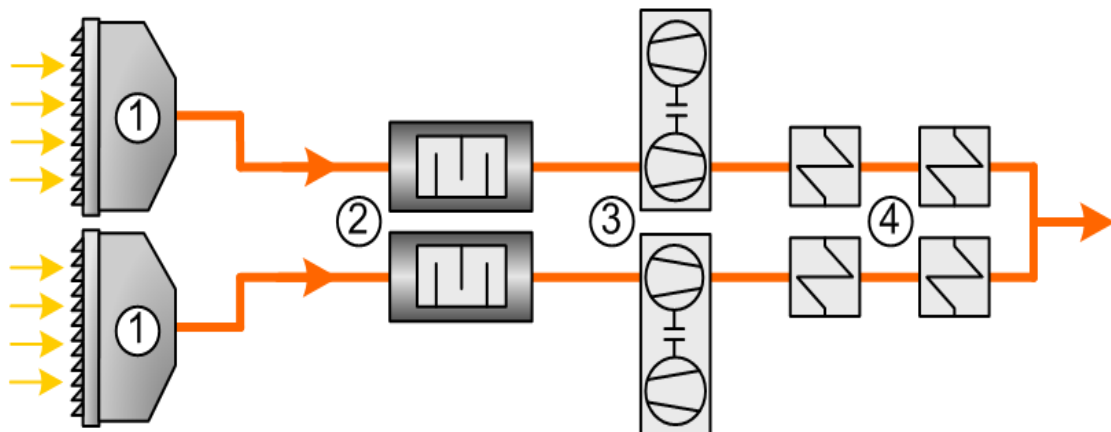


Figura 5. 41-Sistema de aire de carga.

- 1- Filtro de aire de carga.
- 2- Silenciador de aire de carga.
- 3- Turbocompresores.
- 4- Refrigeradores de aire de sobrealimentación.

5.8.1.1. Filtros de aire de carga

El objetivo de los filtros de aire de sobrealimentación es retirar las partículas contenidas en el aire de admisión y llevarlo a la calidad deseada. El proceso de filtración de aire protege los turbocompresores y evita la formación de turbios.

Los filtros de aire de sobrealimentación son de tipo baño de aceite con separador de arena separado. Estos filtros de baño de aceite incluyen un elemento filtrante continuo que se desplaza verticalmente hacia arriba del bastidor en el lado de la entrada de aire, y hacia abajo en el lado de la salida de aire filtrado, hacia al baño de aceite, donde se limpia y se elimina de las partículas a medida que se desplaza en el baño de aceite. Durante la explotación es necesario comprobar el nivel de aceite en el baño y el funcionamiento del filtro.

5.8.1.2 Refrigerante del aire de carga

La temperatura del aire de carga se regula con el circuito de agua de refrigeración. El refrigerante de aire de sobrealimentación tiene dos etapas. El aire de sobrealimentación se enfría parcialmente en la fase AAT (agua de alta temperatura) del refrigerante de aire. Luego, el enfriamiento se completa en la segunda etapa con el agua del circuito EBT (agua de baja temperatura).

5.8.2. Circuito de gases de escape

El sistema de escape se utiliza principalmente para reducir el ruido del escape del motor diésel y para ventilar los gases de escape a la atmósfera de manera segura. El sistema de gases de escape se compone principalmente de tubos, compensadores de dilatación, un silenciador y un módulo de escape. Todos los motores están equipados con una caldera en la línea de escape.

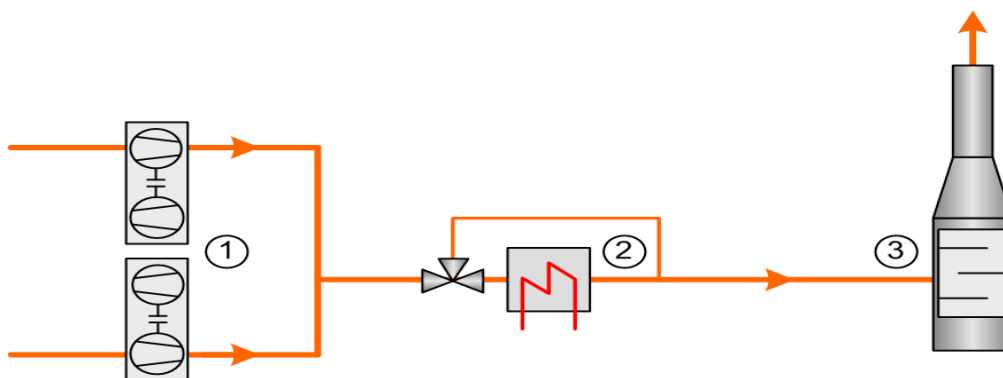


figura 5. 42-Circuito de gases de escape.

- 1- Turbocompresores.
- 2- Caldera de gas de escape.
- 3- Silenciador de gas de escape y chimenea.

La caldera en el circuito de escape se utiliza para recuperar la energía calorífica de los gases de escape.

5.8.3 Instrucciones de uso

A. limpieza del turbocompresor:

La operación de limpieza del turbocompresor se realiza de la siguiente manera:

- 1- Anotar la presión de aire de sobrecarga, la temperatura de los gases de escape y el régimen del turbocompresor.
- 2- Poner en marcha el motor con carga reducida durante al menos diez minutos antes de iniciar la inyección de agua. Espere hasta que la temperatura de los gases de escape sea 430 C.
- 3- Abrir el suministro de aire comprimido a la unidad de alimentación de agua.
- 4- abrir la válvula de cierre en el conducto de aire entre la unidad de alimentación de agua y el motor.
- 5- Abrir la válvula de entrada de agua de la unidad de alimentación.
- 6- Iniciar la limpieza pulsando el botón de inicio de la limpieza de turbina. Esperar hasta que termine el ciclo de limpieza.

La carga del motor se incrementa después de terminar la secuencia de limpieza de la turbina.

- 7- Iniciar la limpieza del compresor cuando la carga haya subido
- 8- Esperar hasta que termine el ciclo de limpieza.
- 9- Cerrar la válvula de entrada de agua de la unidad de alimentación.
- 10- Cerrar el suministro de aire comprimido a la unidad de suministro de agua.
- 11- Cuando el motor funcione con carga normal, comprobar la presión de aire de sobrecarga, la temperatura de los gases de escape y la velocidad del turbocompresor. El efecto de limpieza puede evaluarse comparando las lecturas con los valores registrados antes de la limpieza.

Para asegurarse de que todas las partes del sistema de escape están completamente secas, no pare el motor inmediatamente después de limpiar el turbocompresor. El motor debe funcionar durante al menos diez minutos antes de la parada.

B. Limpieza de la caldera en caliente:

La caldera de escape se limpia con deshollinadores de vapor de accionamiento manual cada 24 horas durante la marcha de los grupos. Cada caldera está equipada con un deshollinador.

- 1- Poner el grupo a su carga máxima disponible.
- 2- Purgar el circuito de vapor de deshollinador.
- 3- Abrir la válvula del vapor hacia la caldera.
- 4- Girar el volante del deshollinador a la izquierda y a la derecha para permitir la limpieza de toda la superficie de la caldera.
- 5- Comprobar la liberación de hollín por las chimeneas.
- 6- Cerrar la válvula del vapor una vez finalizada la limpieza.

C. Limpieza de la caldera en frío:

El lavado en frío de la caldera de los gases de escape se realiza cuando el motor está parado:

- 1- Conectar la manguera de drenaje del agua de lavado a la fosa de neutralización.
- 2- Abrir la válvula de entrada de agua de la caldera.
- 3- Asegurar la fiabilidad del lavado y del flujo del agua.
- 4- cerrar la válvula de agua después de la limpieza.
- 5- Abrir la puerta de visita de la caldera.
- 6- cerrar la puerta de visita de la caldera cambiando la junta.
- 7- Neutralizar el agua después de lavarla en el pozo de neutralización antes de enviarla al depósito de almacenamiento de agua oleosa. Si el resultado de la limpieza con agua pulverizada es insuficiente, el lavado con agua complementaria se realiza manualmente con una manguera.

5.9. Análisis funcional de los turbocompresores de los grupos W18V46

5.9.1. Principio básico de los turbocompresores

El turbocompresor sirve para aumentar la potencia del motor y optimizar la combustión. Se necesita 1 kg de combustible y unos 15 kg de aire para garantizar la combustión total de la mezcla (relación estequiométrica). De todos modos, El tiempo disponible para la preparación de la mezcla es muy bajo, por eso un motor diésel, funciona con un exceso de aire para que cada molécula de gasóleo encuentre el oxígeno necesario para su combustión. Por lo tanto, se define que se necesitan casi 20 a 30 g de aire para quemar correctamente 1 g de combustible. Durante la aplicación de presión, el aire pasa a través de un refrigerador para aumentar su densidad, así la cantidad de aire que llega a la cámara de combustión es más importante. La introducción de aire comprimido en los cilindros permite mejorar el llenado de los mismos y por tanto, aumentar considerablemente el rendimiento del motor de combustión. Además, el motor puede desarrollar un par más grande y alcanzar así una mayor potencia. así, un motor sobrealimentado con turbocompresor puede tener una cilindrada menor, por lo que es más ligero que un motor atmosférico, pero también tan potente. La pieza central del turbocompresor es el rotor. Se compone de una rueda de turbina conectada a una rueda de compresor con ayuda de un eje. La rueda de turbina se encuentra en el lado del escape. Se une al eje, bien por soldadura por fricción o por soldadura láser. La rueda del compresor se fija al otro extremo del eje del rotor, generalmente por tornillos. Los gases de escape que salen del motor pasan a través de la turbina y la hacen girar a gran velocidad. La turbina acciona la rueda del compresor por medio del eje guiado por los cojinetes. La velocidad de rotación de la turbina depende del tipo de turbina y del caudal de gas de escape. En los turbocompresores pequeños, el rotor gira hasta 300.000 rpm. Para evitar la destrucción del turbocompresor y del motor, la presión máxima de los gases suele estar limitada por una válvula de descarga llamada válvula Westgate.

5.9.2. Turbocompresores de los grupos diésel W18V46:

5.9.2.1. Circuitos de admisión y de escape:

Los turbocompresores montados en los grupos diésel W18V46 son de tipo TPL76C33 fabricados por la empresa ABB. Su función principal es proporcionar al motor una cantidad suficiente de aire para la combustión completa del combustible. El aire se aspira en el lado del compresor a través del filtro y el silenciador de aire de sobrealimentación, a continuación, se envía en el refrigerante de aire de sobrealimentación y luego en el colector de aire de sobrealimentación antes de ser inyectado en el motor. Los turbocompresores constituyen equipos del circuito de aire de sobrealimentación del que se encuentra un filtro de aire de baño de aceite, así como un silenciador. El silenciador de admisión de aire de sobrealimentación reduce los sonidos de alta frecuencia generados por la turbina del turbocompresor.

El objetivo de los filtros de aire de sobrealimentación es retirar las partículas contenidas en el aire de admisión y llevarlo a la calidad deseada. El proceso de filtración de aire protege los turbocompresores y evita la formación de turbios.

Los filtros de aire de sobrealimentación son de tipo baño de aceite con separador de arena separado. Estos filtros de baño de aceite incluyen un elemento filtrante continuo que se desplaza verticalmente hacia arriba del bastidor en el lado de la entrada de aire, y hacia abajo en el lado de la salida de aire filtrado, hacia al baño de aceite, donde se limpia y se elimina de las partículas a medida que se desplaza en el baño de aceite. Durante la explotación es necesario comprobar el nivel de aceite en el baño y el funcionamiento del filtro.

La temperatura del aire de sobrealimentación se regula con el circuito de agua de refrigeración. El refrigerante de aire de sobrealimentación es de dos etapas. El aire de sobrealimentación se enfría parcialmente en la etapa de agua de alta temperatura del refrigerante de aire. Luego, el enfriamiento se completa en el segundo piso con el agua del circuito de agua de baja temperatura.

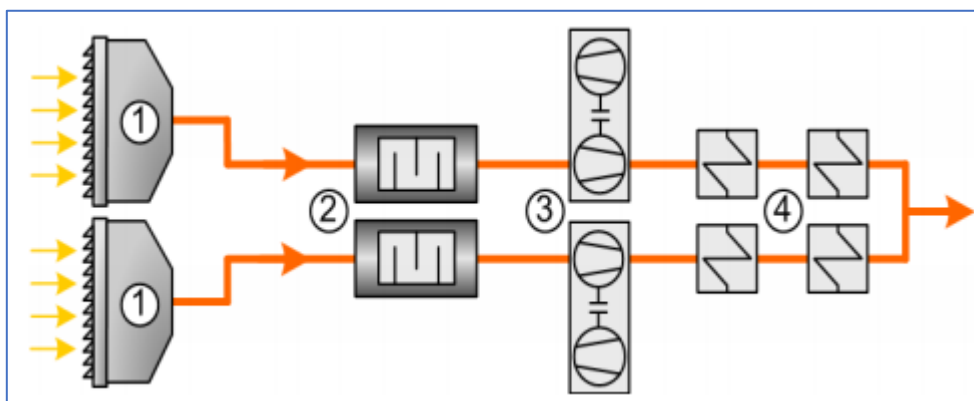


Figura 5. 43--Sistema de aire de carga.

1. Filtro de aire de carga
2. Silenciador de aire de carga
3. Turbocompresores
4. Enfriadores de aire de sobrealimentación

5.9.2.2. Características de explotación de los TPL76C33.

Para el buen funcionamiento de estos turbocompresores, el fabricante ha definido los límites y los intervalos de los parámetros de explotación. La vigilancia del cumplimiento de estas condiciones permite prolongar la vida útil de los componentes de los turbocompresores.

Características de los turbocompresores grupos W18V46	
Fabricante	ABB
Tipo	TPL76C33
Velocidad máxima de rotación	20520 rpm
Temperatura máxima los gases de escape entrada turbina	620 °C
Presión admisible de aceite de lubricación	[1,3 - 2,5] bar
Temperatura admisible de aceite entrada turbo	[30 - 80] °C
Viscosidad de aceite a 40°C	12-170 [cst]
Mantenimiento sistemático	Cada 12000 HM

Tabla 5. 7- Características Técnicas de los turbocompresores.

5..9.2.3. Piezas mecánicas de los TPL76C33

Los turbocompresores TPL76C33 están compuestos por un número de piezas mecánicas que forman todo el conjunto turbo. La parte llamada cartucho también se compone de las piezas como se describe en las dos figuras siguientes:

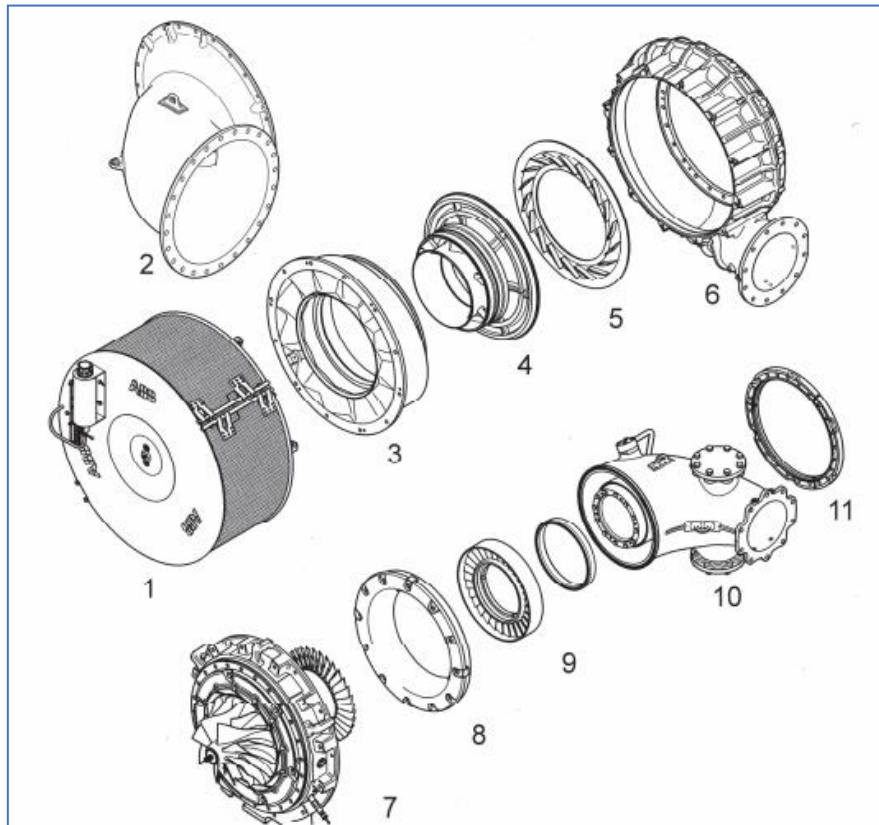


Figura 5. 44-Componentes de TPL76C33.

Número	Designación
1	Filtro silencioso
2	Rama radial de aspiración de aire
3	Parte desvaído del carter compresor
4	Wall insert
5	Difusor de aire
6	Parte externa del carter compresor
7	Cartucho
8	Anillo de recuperación
9	Distribuidor de gas
10	Carter de entrada de gas
11	Segmento

Tabla 5. 8- Designación de los componentes de TPL76C33. .

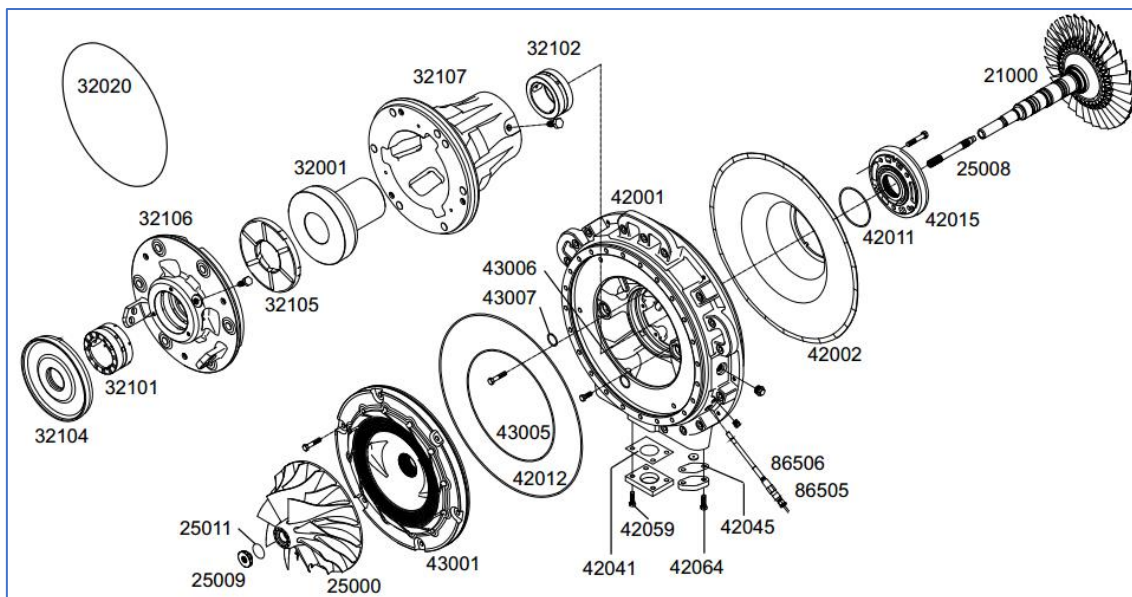


Figura 5. 45-Componentes del cartucho de TPL76C33. .

Número	Designación
21000	Árbol
42015	Tapa de estanqueidad
42002	Tapa
42001	Caja de operaciones
25000	Rueda de compresor
32101	Rodamiento radial acotado turbina
32107	Amortiguador
32001	Incrementos de tope
32105	Disc flotante
32106	Rodamiento axial
32101	Rodamiento radial acotado compresor
32104	Rellano auxiliar

Tabla 5. 9-Designación de los componentes Del cartucho de los TPL76C33. .

5.9.3. Estudio técnico de las TPL76C33:

El diseño de TPL76C33 está diseñado para adaptarse al funcionamiento de los grupos diésel W18V46 con una potencia nominal de 16,5 MW. La presión y la temperatura del aire que entra en los cilindros del motor se ajustan para garantizar la combustión óptima del combustible o del gasóleo. La lectura de dichos parámetros durante el funcionamiento de los grupos se resume en el cuadro siguiente:

Carga (MW)	5	7	10	13	16
Presión de aire (bar).	0,4	0,71	1,43	2,25	3,01
T° aire de admisión (°C)	34,9	44,1	45,6	48,8	51,7

Tabla 5. 10- Parámetros de funcionamiento de TPL76C33. .

De esto, utilizando la ecuación del gas perfecto, se deduce la densidad de aire y luego el caudal másico de aire expulsado a los cilindros del motor en la Ecuación (5.1):

$$\frac{P}{\rho} = rT \quad (5.1)$$

P: presión (Pa, pascal).

ρ : Densidad en (kg/m³).

T: temperatura (K, Kelvin).

R: constante del gas perfecto =287 (SI).

El cálculo del caudal másico de aire se deducirá de la Ecuación (5.2):

$$dm = V(cylindrée) * \frac{60 * \omega}{4\pi} \omega \quad (5.2)$$

ω : Velocidad de rotación del cigüeñal, que es igual al 500 rpm/min

dm: Caudal másico (Kg/h)

(V cilindrada): volumen de la cilindrada del motor

$$V(cylindrée) = 18 * Vunitaire$$

Volumen unitario de cada cilindro del grupo es igual a:

$$Vunitaire = \pi * \frac{d^2}{4} * C$$

d: diámetro del cilindro d=0,46m y c la carrera C=0,85 m

Carga (MW)	5	7	10	13	16
Densidad (m3/kg)	0,45	0,78	1,56	2,43	3,23
Caudal del aire (kg/h)	11718	20214	37098	63144	83718

Tabla 5. 11- Densidad y Caudal de aire a diferentes cargas.

Para asegurarse de que el caudal aporta por el turbocompresor es correcta, nos calculamos el informe de la combustión que será igual al caudal de aire en el caudal del fuel (combustión completa). Para ello, hemos observado también el caudal de combustible para cada valor de la carga de los grupos.

Carga (MW)	5	7	10	13	16
Caudal del aire (kg/h)	11718	20214	37098	63144	83718
Caudal fuel (kg/h)	1160	1540	2061	2581	3124
Informe (Aire/Fuel)	10	13	18	24	27

Tabla 5. 12-Cálculo del informe de la combustión necesario para cada carga.

Los TPL76C33 permiten una sobrealimentación de aire comprimido prácticamente correcta en el intervalo técnica del funcionamiento de los grupos.

5.9.4. Mantenimiento de los TPL76C33:

El mantenimiento y la revisión de los cartuchos de los turbocompresores TPL76C33 se realiza cada 12.000 horas de funcionamiento. Los técnicos de la empresa ABB depositan el cartucho, lo evalúan y lo vuelven a montar. Los principales trabajos realizados son:

- ✓ Desmontaje del cartucho, el anillo de recuperación y el distribuidor de gas.
- ✓ Limpieza y recubrimiento de la Rueda del compresor y el árbol.
- ✓ Limpieza, arena y control del distribuidor.
- ✓ Limpieza y sustitución de componentes de los rodamientos fuera de tolerancias.
- ✓ Equilibrio dinámico del árbol y del rotor completo.
- ✓ Remontar del conjunto.

6.Sistema eléctrico de la central (BT/AT):

Es un sistema que alimenta todos los equipos de la central los auxiliares del grupo generador y todos los circuitos de la central (las bombas, los motores eléctricos, las resistencias) además de la iluminación con 3 transformadores de carga y un cuadro TGBT/AT y un grupo diésel en caso de emergencia.

- Grupo Diésel de emergencia:

En caso de emergencia, Corte de tensión de la Central utiliza un grupo Diésel de emergencia (BLACK START) para alimentar todos los dispositivos eléctricos

Las características del grupo Diésel de emergencia son:

Motor Diésel		
Tipo	Sus 16V2000	
Combustible	Gasóleo	
Velocidad de rotación	RPM	1500
Alternador		
Tipo	HC634H	
Tensión	V	400/230
Fase	3	
Frecuencia	HZ	50
Potencia	KVA/KW	810/648
Velocidad de rotación	RPM	1500
Índice de protección	IP23	

Tabla 6. 1- Características Técnicas del motor diésel de emergencia.

Control del grupo Diésel de emergencia:

Durante la redonda es preciso controlar los parámetros siguientes:

- El nivel de agua de refrigeración.
- El nivel de aceite de lubricación
- El nivel del gasóleo.
- La tensión de baterías 27 V.
- La calefacción del grupo (temperatura de agua >40°C).

Arrancar el grupo una vez por semana para comprobar su funcionamiento

Sala de baterías:

La Sala de baterías es un sistema de emergencia esta sala contiene las baterías de 12V en serie forman en la salida una tensión de 110V, de los rectificadores su papel de transformar la tensión de 220V alterna a una tensión de 110V continua para cargar las baterías también se encuentran los inversores su papel de transformar la tensión que viene de las baterías a una tensión 220V alterna justo para alimentar a los autómatas y los PC de la supervisión para no pierda la información y el programa principal

Cuadro general de baja tensión y alta tensión:

CGBT/AT (Cuadros General baja tensión y alta tensión) se compone de 11 disyuntores de bajo voltaje 400V de tipo (ABB) y 17 de disyuntores de alto voltaje 15KV tipo SCHNEIDER ELECRTRIQUE.

6.1. los transformadores elevadores (AT/MT):

La potencia generada por los siete grupos de la central se transfiere hacia el juego de barras 60 kV a través de tres transformadores de potencia.



Figura 6. 1- Los transformadores elevadores (AT/MT). propia.

Las características principales del transformador son:

Potencia nominal	51 /64 MVA
Tensión nominal	15/60 KV
Frecuencia	50 Hz.
Acoplamiento	Triángulo/estrella con neutro

Tabla 6. 2- Características del transformador elevador.

La central contiene tres transformadores de tipo simence15/60KV su función es evacuar la energía al juego de barras 60KV cada transformador soporte tres generadores Dos grandes transformadores para evacuar la energía de 60KV a la red nacional con una tensión de 225KV a la ayuda de dos salidas Dos transformadores de 60KV a 22KV para alimentar ciudades cercanas

6.2. Transformadores de carga

La central contiene tres transformadores de carga tipo SCHINDLER ELÉCTRICO 400V/15KV garantizan la alimentación de los auxiliares propios de los grupos, así como los auxiliares comunes.



Figura 6. 2-Transformador de carga 400V/15KV.

Las características principales del transformador son:

Potencia nominal	2600 KVA
Tensión nominal	15/0,4 KV
Frecuencia	50 Hz.

Tabla 6. 3- Características del transformador de carga.

6.3. DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

La electricidad circula desde el lugar donde se produce hasta el lugar donde se consume, a través de una red de líneas eléctricas aéreas o subterráneas. Permite transportar y distribuir la energía eléctrica en todo el territorio. Se organiza como una red de carreteras con sus grandes ejes, sus ejes secundarios y sus intercambiadores:

- la red de transporte desempeña el papel de la red de autopistas y carreteras nacionales.
- la red de distribución desempeña el de la red de carreteras departamentales.

Como la electricidad no puede almacenarse, la producción debe ajustarse a ese consumo.

6.4.la subestación de la central

Elemento clave de la red transporte (y distribución). recibe energía eléctrica, lo controla, transforma y lo distribuye.

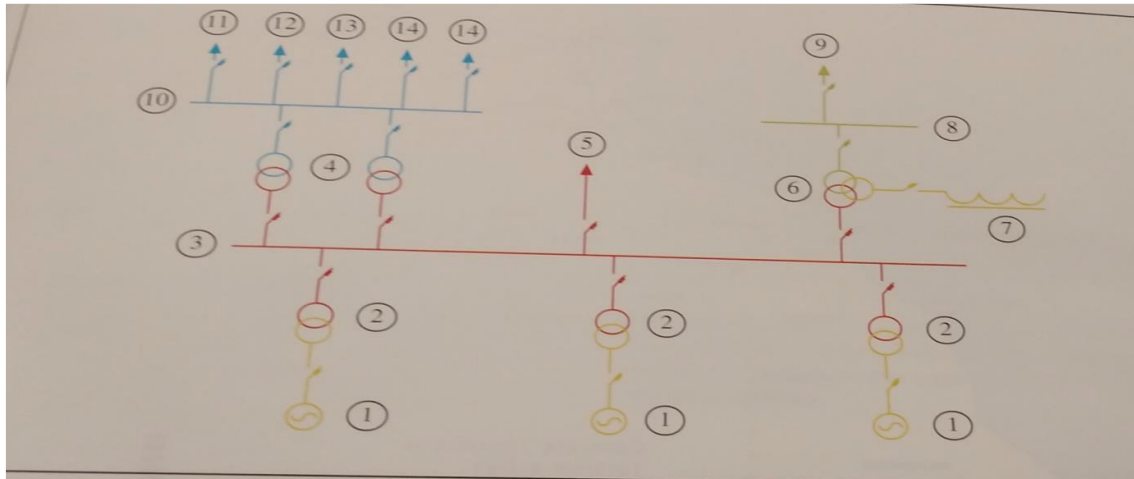


Figura 6. 3-Eschema de conexión a la estación eléctrica. propia.

ENDE			
ateurs - 40 MVA - 11kV	1	Jeu de barres 225 kV	8
ormateurs - 45 MVA - 11/63 kV	2	Départ 225 kV - GLALCHA	9
barres 63 kV	3	Jeu de barres 22 kV	10
rmateur 22/63 kV - 10 MVA	4	Départ 22 kV - TAN-TAN port	11
63 kV TAN-TAN ville	5	Départ 22 kV - JMILAT	12
rmateur 11/63/225 kV - 100 MVA	6	Départ 22 kV - Zone Industrielle	13
ne - 20 MVAR	7	Départs réserves	14

Figura 6. 4- Datos del juego de barras. propia.

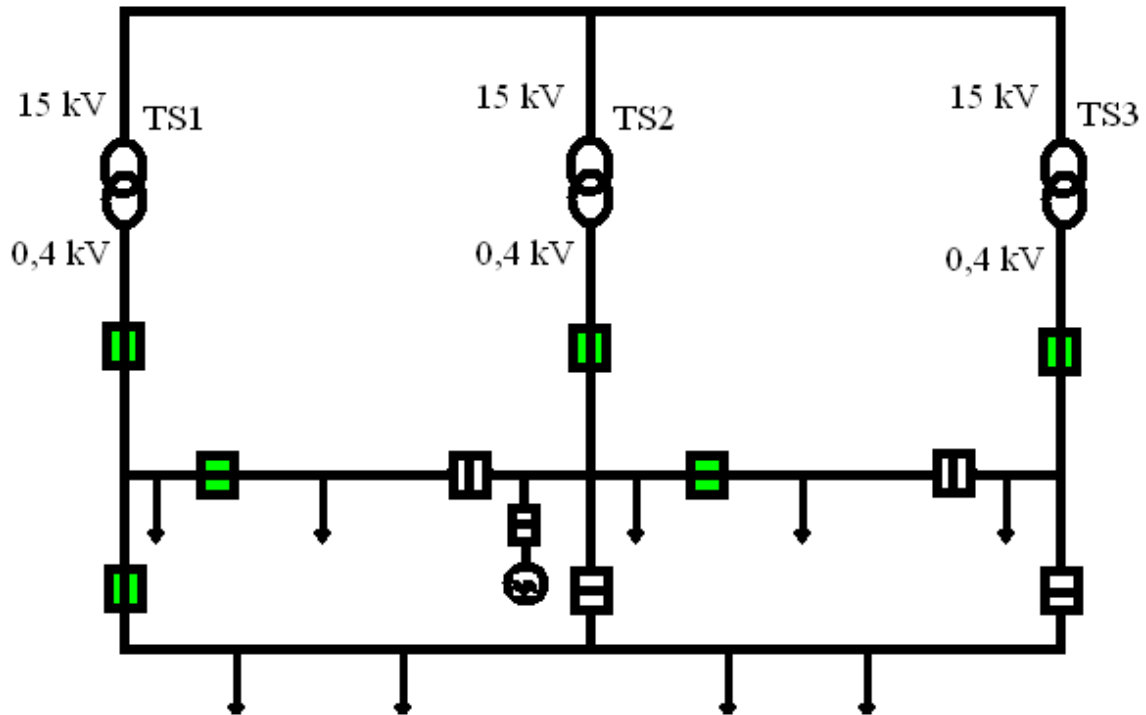


Figura 6. 5-Esquema sinóptico de la instalación de baja tensión.

6.4.1 Consignación de los transformadores de potencia (TP: 15/60kV)

- 1- Apertura de disyuntor lateral 15 kV.
- 2- Apertura de disyuntor lateral 60 kV
- 3- Apertura y cierre de seccionador lateral 60 kV
- 4- Eliminación de alimentación de seccionador general
- 5- Retirada de los fusibles de los transformadores de tensión TT lado 15 kV
- 6- Apertura y cierre seccionador del neutro.
- 7- Eliminación de alimentación de los auxiliares del transformador.
- 8- Cierre de la válvula de aislamiento y las válvulas de inundación
- 9- Cierre de la válvula de tierra del lado 15kV
- 10- Entrega de la APEC al agente encargado de los trabajos sobre el transformador

6.4.2. Registro de los transformadores de carga (TSA: 15/400KV):

- 1- Establecer la hoja de maniobras
- 2- Permutación de los auxiliares de los grupos alimentados por el transformador a consignar en los otros dos transformadores de modo que cada uno de estos dos transformadores alimentan al máximo, o bien: Los auxiliares comunes de los grupos + los auxiliares de 3 grupos O los auxiliares de 5 grupos
- 3- Abertura del disyuntor del transformador de 400 V
- 4- Abertura del disyuntor del transformador de 15kV
- 5- Rotura y condenación disyuntor de 400 V
- 6- Desbroce y condenación del interruptor lateral 15kV
- 7- Cierre del seccionador de tierra de transformador de 15kV
- 8- Expedición de APEC al agente encargado de los trabajos

7.Sistema de control de la central

En la central hay un sistema de control y mando automatizado que controla y gestiona todos los dispositivos y elementos de la central de forma automática.

Entre sus tareas:

- La gestión de todos los instrumentos.
- Mediciones y bucles de control.
- Protección y seguridad de todos los instrumentos de la planta.

El sistema de control de la central eléctrica incluye un panel de control central para controlar los grupos generadores y un número de paneles de control locales para controlar el equipo auxiliar.

El panel de control central incluye un tablero de comando para cada grupo generador y una sección para controlar todos los procesos de control comunes.

El panel de control común permite la supervisión centralizada y el control de los sistemas comunes de la central.

El panel de control común se utiliza principalmente para controlar las posiciones de los interruptores en el sistema de distribución eléctrica y para la sincronización manual de interruptores.

El tablero de control contiene un PLC (controlador lógico programable) para el control de los sistemas auxiliares comunes y para la sincronización.

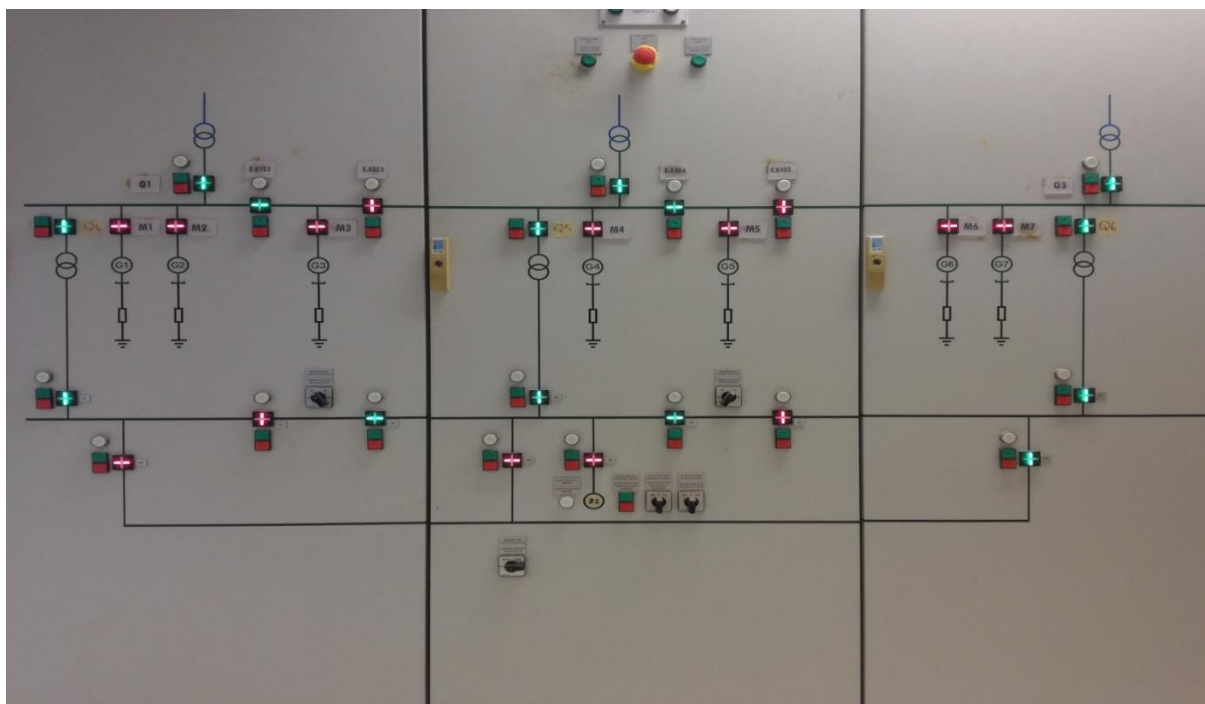


Figura 7. 2-Esquema sinóptico en el panel de control. Fuente propia.

El panel de control incluye un medidor de doble frecuencia, un voltímetro doble, un sincronoscopio y una unidad de control de sincronización que se utilizan en la sincronización de los interruptores en modo manual.

7.1 PANELES DE CONTROL

Las funciones principales del Panel de control son:

- Arranque y parada del grupo generador
- Sincronización
- Control de régimen del motor y de carga
- Control de potencia del generador
- Control de los sistemas auxiliares
- Tratamiento y vigilancia de las alarmas
- Funciones de seguridad como el bloqueo del arranque, la parada y la reducción de carga.

El grupo generador puede controlarse en modo automático o manual.

En el modo automático, que es el modo de funcionamiento normal, el sistema de control tiene en cuenta el arranque y la parada, la carga y la descarga y el control de potencia del generador.

En el modo manual, el operador deberá realizar manualmente la carga y descarga y el control de potencia del generador. Las funciones de seguridad, como la verificación de las condiciones de arranque, funcionan de la misma manera que en el modo automático.

7.2. el sistema de supervisión WOIS de la central

La estación de trabajo WOIS (WARTSILA OPERATOR'S INTERFACE SYSTEME), conectado al sistema de control de la central con ordenadores, se utiliza para supervisar el estado y los principales datos de la central. Ofrece la posibilidad de ver la información, simplificando así el trabajo del operador. El WOIS se utiliza para la supervisión del motor y los sistemas auxiliares, mientras que las operaciones se realizan principalmente en los paneles de control y controladores asociados.

La estación de trabajo WOIS se compone de varias pantallas o monitores para la supervisión de la central. Las pantallas de proceso son ilustraciones gráficas con los valores medidos y la información sobre los estados de los sistemas de la central eléctrica. Las pantallas de proceso se componen de una vista de la central, de vistas comunes, así como de vistas relacionadas más específicamente a los grupos. Una pantalla de tendencia está disponible para cada valor analógico. Las alarmas que se producen en la central se muestran en la lista de alarmas y, opcionalmente, se imprimen en una impresora de alarma.

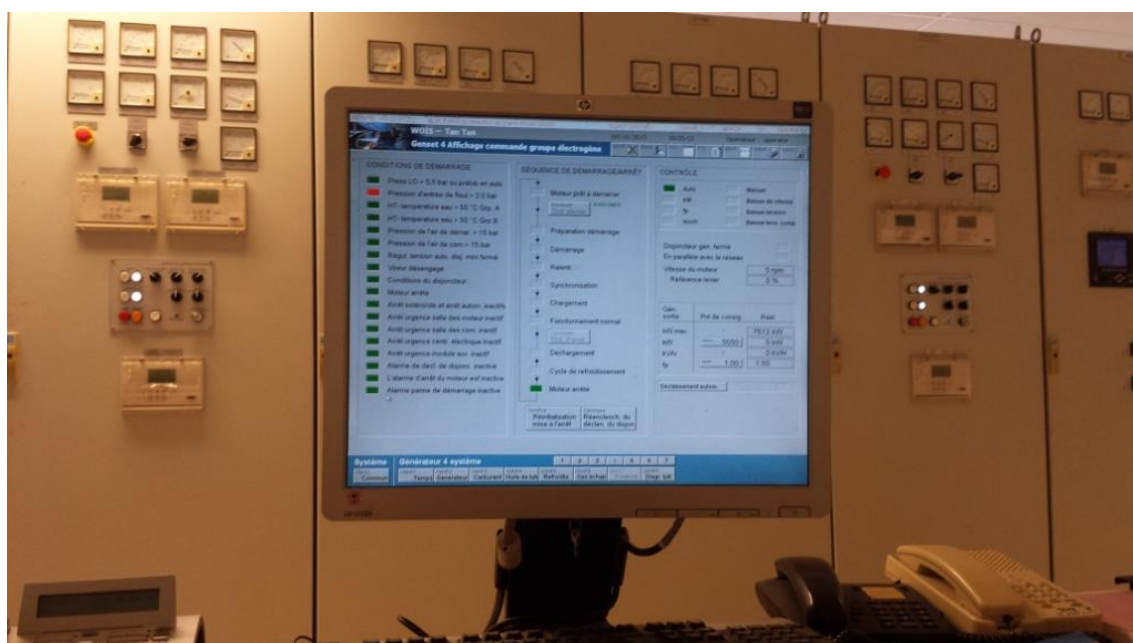


Figura 7. 3-Estación de monitoreo. Propia

7.3. Modos de funcionamiento de la central:

Los siguientes modos de control del motor:

- Control de kW.
- control de la velocidad de caída
- Control isócrona.

El control de kW sólo está activo en el modo paralelo, mientras que el control isócrono está disponible en el modo islote.

7.3.1-Control KW:

En el modo de control kW, la potencia activa del grupo generador se mantiene a un nivel preseleccionado, independientemente de la carga del sistema o de la frecuencia. En modo automático, el operador puede introducir el punto de consigna de potencia en el terminal WOIS. La potencia activa aumentará lentamente hacia el valor definido después de que el interruptor fue cerrado. En modo manual, la potencia se regula mediante el aumento o la disminución de la alimentación de combustible mediante el interruptor "combustible" en la unidad de control manual. Si la central se desconecta repentinamente de la red, esta caerá en modo de caída de velocidad o en modo isócrono en función de la selección efectuada en el terminal WOIS.

7.3.2. Control de la velocidad de caída:

El modo de control de la velocidad de caída es un modo de control típico para las redes más pequeñas o el funcionamiento en isla. En el modo de control de la velocidad de caída, la carga del generador se determina de tal manera que la frecuencia del sistema se mantiene constante.

La carga del motor está determinada por la carga del sistema. En modo automático, el PLC calcula la referencia de velocidad. En modo manual, la velocidad se regula aumentando o disminuyendo de la alimentación de combustible con el selector de "combustible" en la unidad de control manual.

7.3.3. Control isócrono:

En el modo de control isócrono, la carga se comparte automáticamente con las unidades paralelas que funcionan en modo automático con el fin de mantener la frecuencia del sistema constante. La potencia del motor viene determinada por la carga del sistema y no puede ser ajustada por el operador.

7.4 Arranque y parada del grupo generador

El motor arranca a partir de la estación de trabajo WOIS o a partir de una unidad de accionamiento manual sobre el panel de control del generador (armario CFC) o localmente a partir de la unidad de mando local.

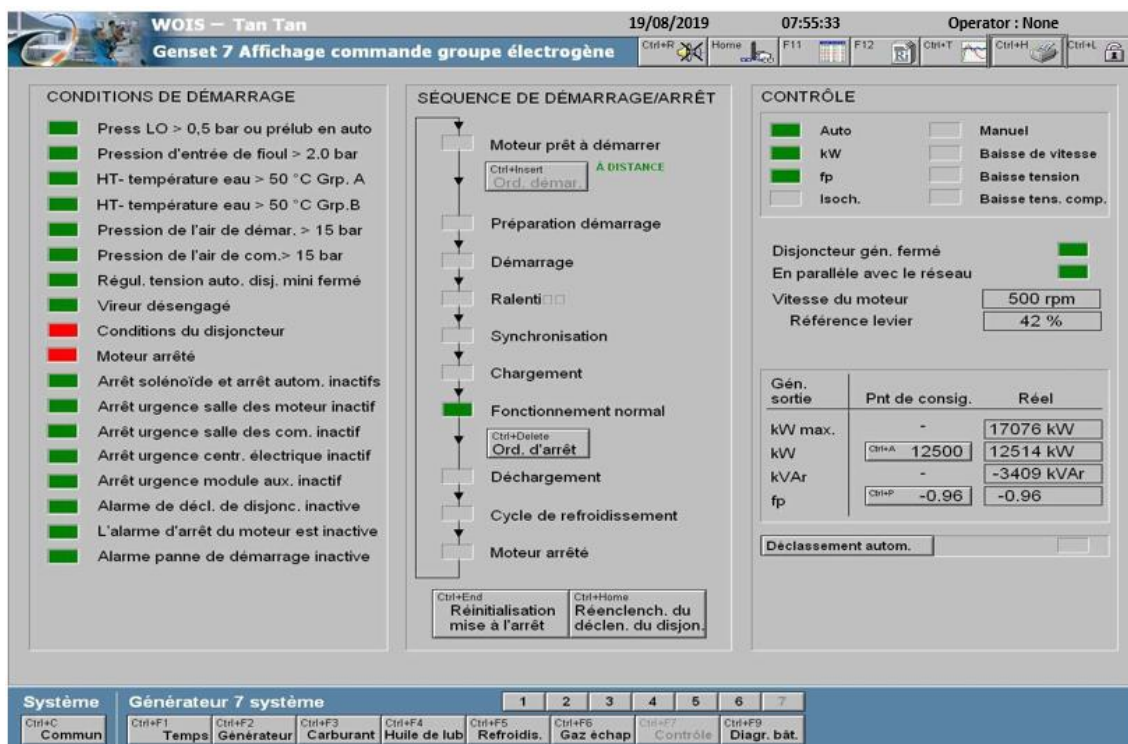


Figura 7. 4-Arranque desde la sala de control con el WOIS. propia.

Cuando se da una orden de arranque, el sistema de control pone en marcha el motor y las unidades auxiliares necesarias. Antes de que el motor pueda arrancar, deben cumplirse todas las condiciones de arranque.

Si el motor no funciona dentro de un tiempo preseleccionado después de que se abre la válvula de aire de arranque, se activa la alarma de problemas de arranque.



Figura 7. 5-Arranque desde la unidad de comando local.

7.4.1. Parada normal

Cuando se da un mando de parada, el sistema de mando comienza a descargar el grupo generador. Una vez finalizada la descarga, se abre el disyuntor del generador y el motor funciona sin carga durante un período predeterminado. Después de la marcha de enfriamiento, el motor se apaga. Si el motor funciona en modo de control de velocidad, el operador reducirá manualmente la carga y abrirá el interruptor del generador antes de que el motor se detenga.

7.4.2. Parada de emergencia

Una parada de emergencia del motor puede ser activada con un botón en el panel de control del grupo generador. Si se pulsa el botón de parada de emergencia, el motor se detendrá inmediatamente.



Figura 7. 6-Armario de comando de paradas de emergencia y otras funciones. propia.

El panel frontal del panel de control incluye indicadores de supervisión de corriente de fase, factor de potencia, potencia activa, potencia reactiva, tensión y frecuencia del generador. Un cuentarrevoluciones muestra el régimen del motor o del turbocompresor, dependiendo de la posición del selector asociado.



Figura 7. 7-Unidad de comando manual.

Otro selector selecciona las tensiones de fase conectadas al voltímetro. El panel de control incluye una unidad de vigilancia de potencia, un relé de protección de generador y un relé de corriente diferencial. Un botón de parada de emergencia en el panel de control permite al operador iniciar una parada inmediata del motor.

7.5. Sincronización

El cierre de un interruptor del generador o de un cortocircuito común cuando hay una tensión en ambos lados del interruptor requiere la sincronización del interruptor.

Durante la sincronización, la frecuencia y la tensión se ajustan para sincronizar el grupo generador con otros grupos generadores de la misma barra de juego o de la red pública. La sincronización puede hacerse manualmente por el operador o automáticamente por el sistema de control. El modo de sincronización se selecciona desde la unidad de control de sincronización en el panel de control común. Cuando el grupo generador funciona en modo automático, la sincronización se activa automáticamente después del arranque del motor.



Figura 7. 8-Unidad de sincronización. propia

En el modo manual, la sincronización se activará manualmente. Se selecciona un disyuntor de generador para la sincronización con el conmutador de "sincronización" en la unidad de control manual. Se seleccionará un interruptor común con el botón correspondiente en el esquema sinóptico del panel de control común. El sistema PLC comprueba que se cumplen las condiciones de sincronización. Durante la sincronización automática, el sincronizador automático realiza los ajustes necesarios.



Figura 7. 9-Unidad de sincronización manual y automático.

Para ajustar la frecuencia y la fase, el sincronizador automático ordena los cambios de régimen del motor y para igualar las tensiones, cambia la excitación del generador. Tan pronto como estos parámetros coincidan con las tolerancias predefinidas, se da un comando de cierre de interruptor. Si se selecciona la sincronización manual, el operador ajustará la frecuencia y la tensión. Antes de cerrar el disyuntor, la frecuencia, la tensión y las desviaciones de fase estarán dentro de los límites predefinidos. La unidad de control de sincronización se utiliza para realizar los ajustes.

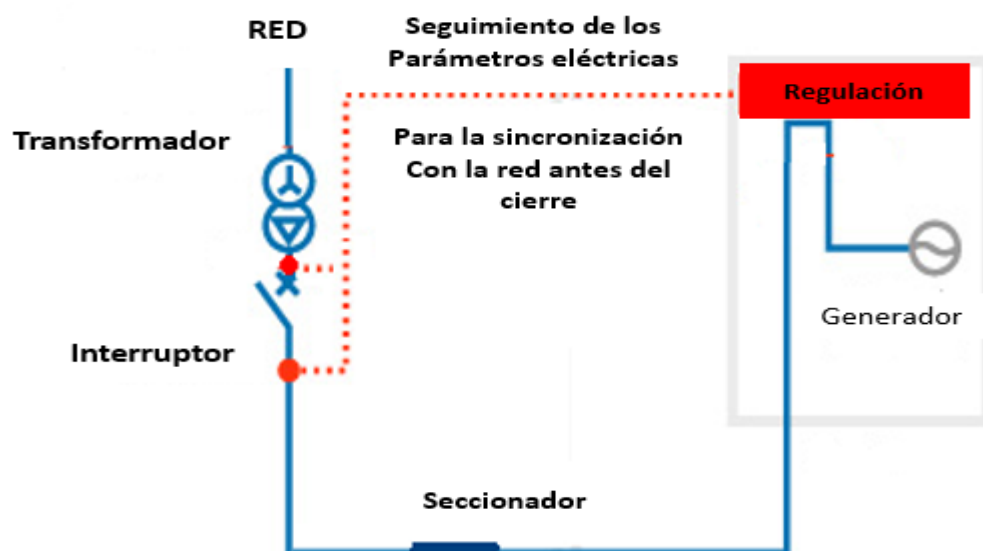


Figura 7. 10-Esquema de sincronización. propia.

7.6. Los autómatas

La central contiene autómatas de tipo SCHNEIDER MODICON Y TELEMECANIQUE estos autómatas que gestionan la central de forma automática, estos autómatas están situados en los auxiliares y los grupos generadores todos estos últimos autómatas están conectados a un autómata principal común que se encuentra en la sala de control El panel de control común permite la supervisión centralizada y el control de los sistemas comunes de la central.

El panel de control común se utiliza principalmente para controlar las posiciones de los interruptores en el sistema de distribución eléctrica y para la sincronización manual de los disyuntores. El panel de control contiene un PLC (controlador lógico programable) para el control de los sistemas auxiliares comunes y para la sincronización.

El panel de control del grupo generador contiene un equipo de control de potencia, sincronización y protección del generador, así como una unidad de control manual.

El panel frontal del panel de control incluye indicadores de supervisión de corriente de fase, factor de potencia, potencia activa, potencia reactiva, tensión y frecuencia del generador. Un tacómetro muestra el régimen del motor o del turbocompresor, dependiendo de la posición del selector asociado. Otro selector selecciona las tensiones de fase conectadas al voltímetro. La central utiliza comunicaciones entre todas las instrumentaciones de tipo (modo bus, fibra óptica, enlace coaxial y Ethernet).

7.6.1. La regulación

Los bucles de regulación que se encuentran en la central:

- la regulación de temperatura.
- la regulación de la presión.
- la regulación de la tensión.
- La regulación de la velocidad.
- La regulación del nivel.

7.6.2. Regulador de velocidad (EL WOODWARD723):

El regulador de velocidad (el WOODWARD723) instalado en el armario junto al grupo generador, permite mantener la velocidad a 500 rpm según la señal recibida por los sensores de velocidad, y controlar el SERVO-INYECTOR.

Se instalan dos sensores de referencia en la salida del motor Diésel para medir la velocidad, la señal producida por estos sensores y una señal analógica, esta señal procesada a nivel de regulador se significa una velocidad, en este momento el regulador compara entre la velocidad medida y el punto de ajuste de los parámetros (en el caso de nuestro grupo generador el punto de ajuste de la velocidad 500 rpm).

Si la velocidad es superior a 500 rpm, el controlador controla el SERVO-inyector para reducir el combustible inyectado en los cilindros, la velocidad se reduce en consecuencia y lo contrario ocurre si la velocidad es inferior a 500 rpm.



Figura 7. 11-Regulador de velocidad WOODWARD.

7.6.3. EL SERVO-INYECTOR MECÁNICO:

El SERVO-inyector mecánico permite controlar el caudal de combustible inyectado en los cilindros.

Este dispositivo recibe una señal analógica desde el regulador de velocidad eléctrico (WOODWARD) y luego controla un bastidor con un cilindro hidráulico, Por último, el bastidor controla el flujo de combustible inyectado por las bombas.



Figura 7. 12-SERVO-INYECTOR mecánico.

El rotor del alternador gira a una velocidad de 500 rpm para crear una corriente de excitación a una frecuencia de 50HZ, esta corriente se crea dentro del alternador en tres pasos.

El PMG: en primer lugar, el rotor hace girar un imán permanente creando un campo magnético que se transforma a una tensión alterna en inducido. Esta tensión es enderezada por un rectificador para alimentar el inductor del generador.

Generador: el inductor del generador de tensión continua creará un campo magnético transformado en tensión alterna debido a la inducción.

Finalmente, esta tensión alterna enderezada por diodos giratorios para alimentar el rotor del generador en corriente continua

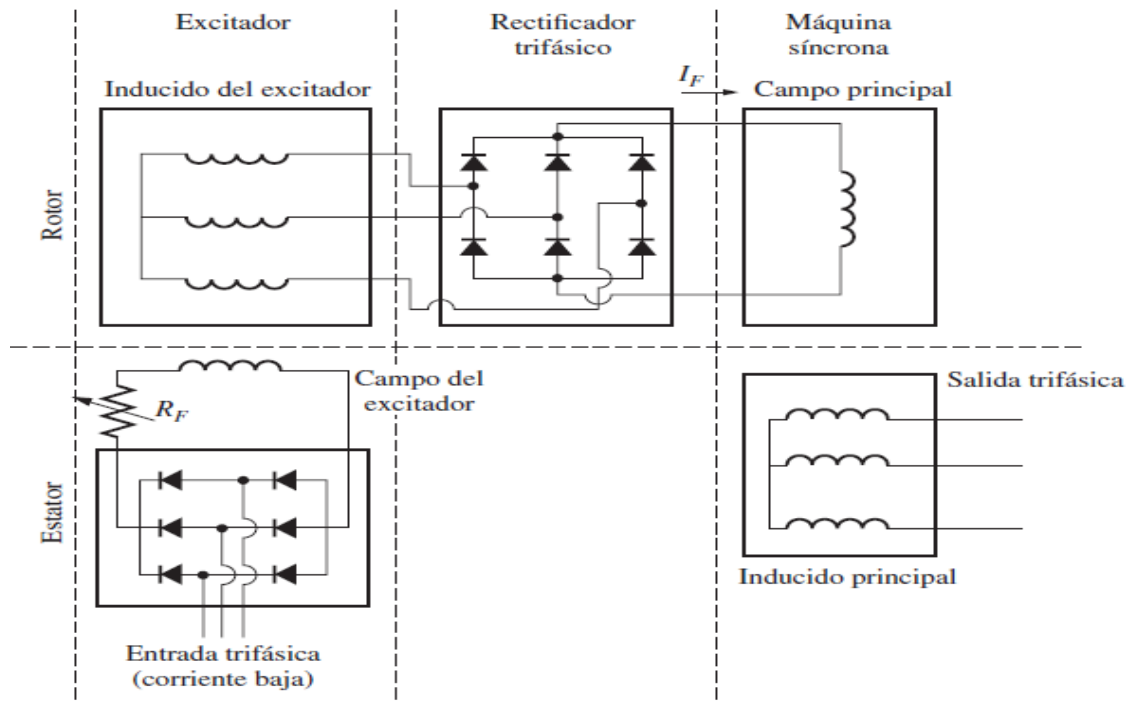


Figura 7. 13-Circuito de excitador sin escobillas.

7.6.4. Regulador de tensión (ABB Unitrol1000)

AVR (Regulador de Tensión Automático) su función es regular la tensión estable, en caso de nuestro generador la tensión nominal 15KV.

Este regulador funciona para la regulación de la tensión y el control de la carga en función de corriente de excitación.

Instalado en el armario junto al grupo generador, permite aumentar o disminuir la tensión continua del inductor del generador ya sea para variar la carga o la regulación de tensión.

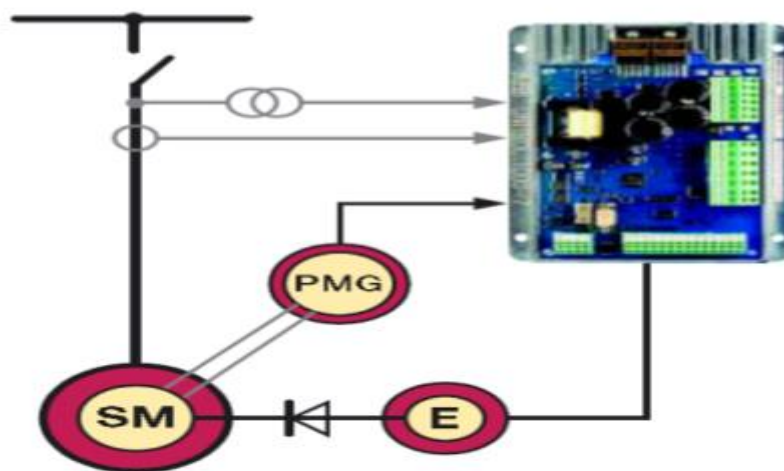


Figura 7. 14-Regulador de tensión (ABB Unitrol1000).

7.7. Los modos de funcionamiento de la central

En este apartado se ve cómo funciona el grupo generador en la red nacional y red separada, exactamente vamos a ver el funcionamiento interno del alternador y su relación con el motor diésel, por último, se verá la regulación de combustible a nivel del motor diésel en función de la carga activa producida por el alternador.

La central funciona en dos modos (en paralelo con la red nacional, o bien en red separada). El grupo generador se puede operar en modo automático o manual. La selección del modo de control se realiza mediante el conmutador "control del grupo generador" en la unidad de control manual. En modo automático, el sistema de control selecciona los métodos de control del motor y del generador en función de la señal "paralela a la red". En modo manual, los modos de control del motor y del generador se seleccionan con interruptores en la unidad de control manual.

7.7.1 Red nacional

La red nacional produce energía para todos los consumidores en Marruecos, contiene varias centrales de producción de energía eléctrica.

Si el grupo generador está en paralelo a la red, la red determinará la frecuencia y la tensión. Cualquier fluctuación en la tensión o la frecuencia es seguida por el grupo generador. Un aumento o disminución de la potencia del grupo generador no afectará a la frecuencia o a la tensión de la red, siempre que la central sea relativamente pequeña en comparación con la capacidad de la red total.

El funcionamiento en paralelo requiere que el grupo generador esté sincronizado con la red.

7.7.2. Red separada

La orden de arranque de la central eléctrica proviene del despacho económico (DISPATCHING) es el centro de distribución de electricidad que gestiona todas las acciones en la red nacional y las interconexiones. este centro llama a los operadores para poner en marcha la central eléctrica con una potencia total específica.

El explotador prepara la central eléctrica para el arranque y luego fijó un punto de ajuste de potencia para cada grupo generador para dar una potencia final producida a la red.

Primero el motor Diésel funciona girando el rotor del alternador la velocidad de arranque es cero el sistema de control de velocidad aumenta el flujo de combustible para aumentar la velocidad hasta 500rpm y luego el alternador se acopla a la red.

El punto de ajuste de la potencia viene del PLC al UNITROLE para aumentar la corriente de excitación que fluye en el inductor del alternador y luego al SERVO-inyector para aumentar el flujo de combustible, la variación de la potencia de salida equivalente a la variación del combustible y la corriente de excitación.

7.7.3. Reacciones del alternador y del motor Diésel en la red y su relación con el flujo de combustible

la fuerza que existe entre los campos magnéticos es la fuerza que existe entre el árbol y la red de distribución eléctrica.

Si los campos están perfectamente alineados y por lo tanto no forman ningún ángulo entre ellos, no se produce ninguna fuerza y no se transfiere ninguna energía. Este es el estado de carga en vacío. Las bombas de inyección se abren para dejar fluir el suficiente combustible en la máquina para girar a la velocidad de sincronización.

Si las bombas de inyección están abiertas, se admite más combustible y el rotor empieza a acelerar. A medida que avanza, los campos magnéticos del alternador se desalinean, creando una fuerza entre estos campos que se opone a la aceleración de la máquina. La energía pasa de la máquina a la red de distribución eléctrica.

La velocidad de circulación de la energía producida por la máquina o la potencia de salida de la máquina es proporcional a la fuerza de los campos magnéticos de la máquina y del Seno del ángulo de carga.

Por ejemplo, tenemos una demanda de carga en la red el campo magnético resistivo se opone a la aceleración de la máquina, la velocidad se reducirá, por lo que el grupo generador va a responder con la inyección de combustible para fijar la velocidad y la potencia de salida del alternador.

Si el campo resistivo, el rotor va a estar libre en por lo tanto la velocidad aumenta, el sistema de regulación de velocidad disminuirá el suministro del combustible para fijar la velocidad y la potencia.

7.8. Resumen global

La regulación del flujo de combustible se hace para mantener la velocidad estable en 500rpm para aumentar el par en función de la carga activa sobre la red y la potencia producida. Esta regulación lo hace a través de un bucle un poco complicado:

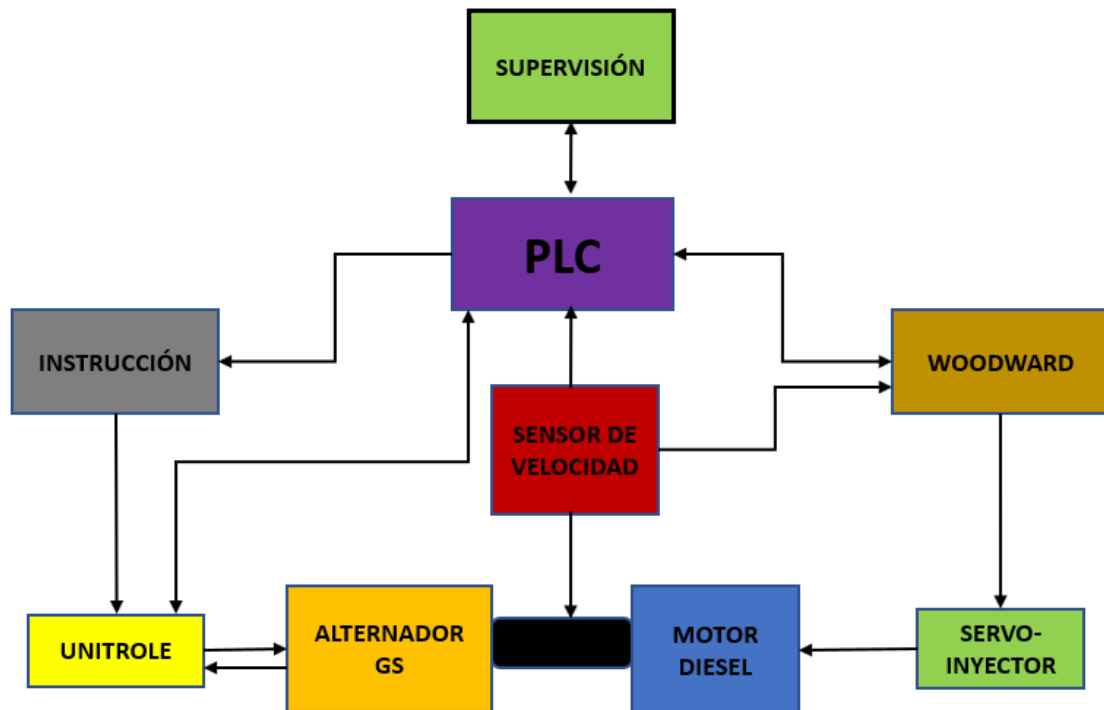


Figura 7. 15--Esquema general del sistema de control de la central. propia.

8.El plan de mantenimiento de la central

8.1. Introducción

Se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.

8.2. tipos de mantenimiento industrial:

Hay dos tipos de mantenimiento industrial que son mantenimiento preventivo y correctivo.

8.1.1. mantenimiento preventivo

Dicho mantenimiento está destinado a garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o daño por algún deterioro y son dos:

- Condicional: efectuada en función del estado del equipo.
- Sistemática: efectuada en un intervalo regular de manera sistemática.

8.1.2. mantenimiento correctivo

Es el encargado de corregir fallas o desperfectos observados.

8.2. objetivos de mantenimiento

Los objetivos del mantenimiento en las centrales eléctricas son:

- Garantizar la seguridad humana y ambiental.
- Mejorar la gestión de existencias.
- Aumentar la tasa de disponibilidad
- Mejorar la ordenación de los trabajos.

8.3. Guía de mantenimiento de la central Diesel

8.3.1 Mantenimiento del separador de aceite y combustible

La inspección consiste en una revisión del recipiente del separador, del dispositivo de admisión/salida y del dispositivo de agua de funcionamiento. Cada 6 meses o cada 4.000 horas de funcionamiento. Se sustituirán las juntas del separador en el recipiente y las juntas en el dispositivo de entrada/ salida.

<i>Tipo De instalación</i>	Separador BIA/Gasóleo
<i>Período De mantenimiento</i>	4000h
<i>Personal de mantenimiento</i>	1 técnico mecánico 1 técnico eléctrico
<i>Piezas de repuesto.</i>	Si es necesario
<i>Los Actividades de mantenimiento</i>	Control detector de agua - Control de instrumentación. Control de calibración Válvula reguladora de agua sobrecalentado. Control de variador velocidad. Control de motor eléctrico . Control y Desempolvado de tablero de comando

Tabla 8. 1-Mantenimiento del separador de aceite y combustible.

Descripción del trabajo del mantenimiento:

1- Inspeccionar el protector del chasis.

a) Limpiar todas las piezas, comprobar si hay corrosión o grietas.

b) Comprobar si hay daños de erosión en la caja de conexión.

2- Comprobar el recipiente.

a) Limpiar todas las piezas, verificar si hay corrosión o grietas o daños causados por la erosión.

b) Cuerpo de tazón.

- Revisar si hay marcas de impacto o corrosión.
- Reemplazar el anillo rectangular.
- Reemplazar los anillos O.
- Reemplazar los tornillos y arandelas del soporte

c) Sustituir el anillo rectangular y los tapones de las válvulas del funcionamiento.

3- Inspeccionar el chasis.

a) Vaciar el aceite y reemplazar las arandelas de los orificios de llenado de aceite.

b) Sustituir la junta tórica del eje de aceite.

4- Cambiar el aceite en el separador, El aceite se debe cambiar cada 4.000 horas, o al menos una vez al año si el número total de horas de funcionamiento es inferior a 4.000 horas/año.



Figura 8. 1- Limpieza de la bomba de aceite

El filtro automático de aceite, el filtro de alimentación del combustible, el filtro de baño de aceite, los filtros mecánicos de aire de sobrealimentación han sido revisados:

- Los filtros auto de aceite han sido desmontados y mantenidos. mantenimiento consistía en el cambio de los elementos filtrantes y el cambio de los rodamientos.



Figura 8. 2-Mantenimiento de los filtros de aceite y combustible. []

- Se limpia el filtro de alimentación del combustible y se han sustituido los cartuchos por un nuevo conjunto:

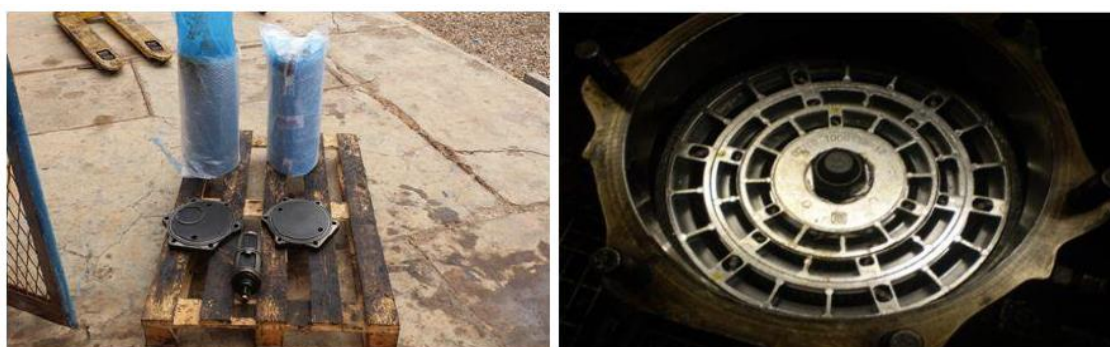


Figura 8. 3-Limpieza del filtro y cambio de cartuchos.

8.3.2. Mantenimiento del motor Diesel WARSILA V18W42:

La inspección 24000H del grupo diésel es una inspección sistemática que forma parte del ciclo de mantenimiento del motor recomendado por el fabricante «WARTSILA». Esta intervención tendrá lugar cuando el motor acumule un número de horas de marcha de 24000HM.

Durante esta inspección, los componentes principales del motor se desmontarán, ya sea para inspección y/o cambio de acuerdo con los requisitos del fabricante. El cambio de determinadas piezas está condicionado por los resultados de una inspección visual o de medidas específicas de acuerdo con la norma del fabricante. Para tener éxito los múltiples trabajos objeto del alcance de la visita 24000H, se debe dedicar recursos humanos y logísticos, en particular:

- Medios humanos: supervisores, ingenieros, mecánicos, electricistas, operadores de máquinas y limpiadores.
- Medios logísticos: Recambios, herramientas especiales, métodos de manipulación.

8.3.2.1 Mantenimiento de las culatas del motor

Las 18 culatas de cilindro fueron removidas y lavadas y luego probadas hidráulicamente en caliente a 08 bar. Los asientos de la válvula de escape fueron desmontadas, cambiados y rectificados.

Las válvulas de admisión y escape dañadas y las guías de las válvulas fueron reemplazadas.

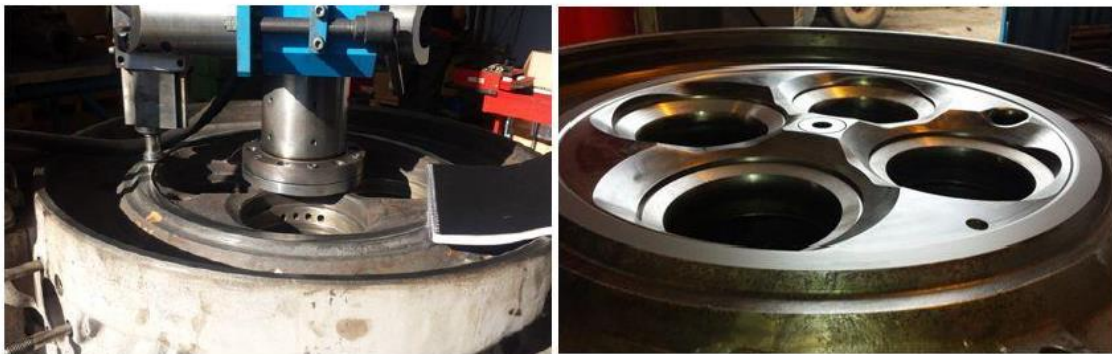


Figura 8. 4- Mantenimiento de las culatas.



Figura 8. 5- Ensamblaje y montaje de culatas.

Después del mantenimiento de las culatas de los cilindros y sus accesorios, se reemplazaron las piezas de desgaste y se volvió a montar el conjunto.

8.3.2.2. Mantenimiento de las camisas del motor

Las 18 camisas han sido entregadas para desguace, limpieza y control. Después del mantenimiento, todas las camisas fueron reensambladas en sus asientos con nuevas articulaciones y esto después de la limpiar sus viviendas en el soporte del motor.



Figura 8. 6- Mantenimiento de las camisas.



Figura 8. 7-Limpieza de las camisas.

Después de las medidas, los valores fueron incluidas en las tolerancias del fabricante:

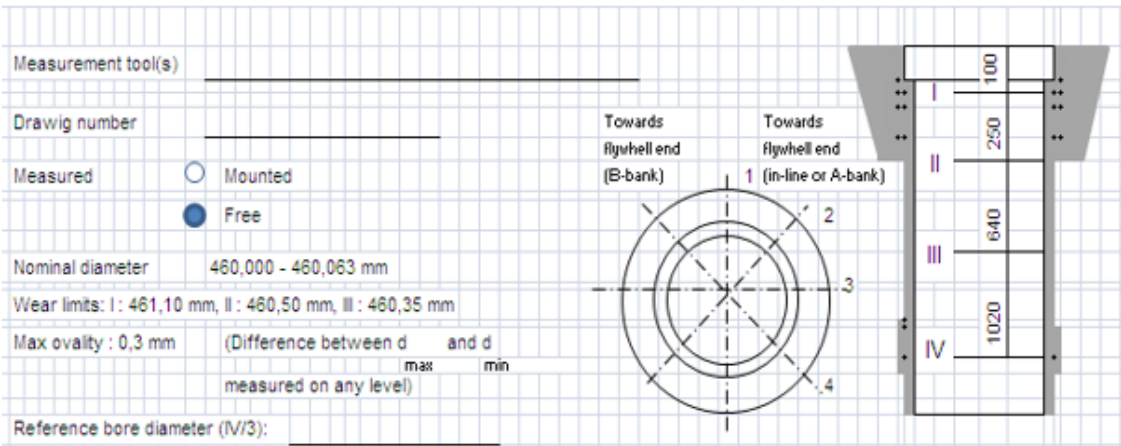


Figura 8. 8-Dimensiones de la camisa del fabricante.

8.3.2.3. Mantenimiento de los pistones del motor:

El control dimensional de los ejes no reveló ninguna anomalía. Así, los antiguos ejes de pistón se reutilizaron.



Figura 8. 9-Limpieza de los pistones.

8.3.2.4 Balancines del motor :

Los balancines han sido retirados para su limpieza y control:



Figura 8. 10-desmontaje y limpieza de los Balancines.

Los elementos de los balancines han sido controlados (RAS). Después de la limpieza, los balancines fueron puestos en su lugar antes de ser ajustados.



Figura 8. 11-Reensamblaje de balancines.

8.3.2.5. Cojinete del motor:

El cojinete ha sido desmontado para control (elección aleatoria). Tras la inspección visual, los cojinetes de dicho cojinete se consideraron intactos. Por lo tanto, fue montado sin cambios.



Figura 8. 12-Mantenimiento del cojinete

8.3.2.6. enfriadores de aire

Los refrigerantes de aire (CAC) fueron depositados para su limpieza y prueba antes de que volvieran a sus plazas:



Figura 8. 13-Lavado del CAC.

Después del lavado en la máquina específica. La prueba hidráulica de los refrigerantes a la presión de 8 bar no reveló ninguna fuga de agua. Debido a su estado degradado, se han cambiado las dos placas de refrigeración.

8.3.2.7. compensadores de escape

Todos los compensadores de escape han sido cambiados limpiando su alcance, es decir, los compensadores de las salidas de culata, de las líneas de escape y de entradas turbocompresores.



08 compensadores de
Línea de escape

18 compensadores de
salidas culatas



02 compensadores de
entradas.
turbocompresores

Figura 8. 14-Sustitución de las culatas de escape

8.4. Mantenimiento de los auxiliares mecánicos

8.4.1. Bombas de agua de alta temperatura y baja temperatura (AT, BT)

Se desmontaron y revisaron las bombas acopladas de AT, BT. Tras el desmontaje y la limpieza de todos los elementos, se procedió a la renovación cambiando los rodamientos, las guarniciones y todas las juntas.



Figura 8. 15-Mantenimiento de bombas de agua de baja temperatura.



Figura 8. 16-Mantenimiento de bombas de Alta temperatura.

8.4.2. mantenimiento de filtros:

Los filtros de aire se retiraron y se limpian en un periodo de cada 8 meses.



Figura 8. 17-Retirar, limpiar y volver a montar los filtros.

Los filtros de baño de aceite han sido revisados y mantenidos.



Figura 8. 18-Limpieza de filtros de baño de aceite.

8.4.3. Bombas de alimentación:

Las bombas de alimentación forzada se han mantenido cambiando sus juntas y rodamientos.



Figura 8. 19-Mantenimiento de las bombas de alimentación forzada.

8.4.4. válvulas de 3 vías:

Las válvulas de aceite, agua AT, agua BT y la válvula waste-gate (compuerta de residuos) han sido depositadas y revisadas antes de ser montadas.



Figura 8. 20.Mantenimiento de válvulas de 3 vías de agua BT Y AT. []

8.4.5. Mantenimiento de la caldera:

La caldera fue limpiada por el agua, y las juntas de las puertas fueron cambiadas.



Figura 8. 21-Mantenimiento de la caldera.

8.4.6. mantenimiento del Circuito de lavado de turbocompresores

Los conductos y las boquillas de lavado TC fueron depositadas; las boquillas fueron limpiadas y las juntas fueron substituidas.



Figura 8. 22-Mantenimiento del circuito del turbocompresor.

8.5. Mantenimiento de los auxiliares eléctricos

8.5.1. mantenimiento de los motores eléctricos

Los motores eléctricos han sido depositados y mantenidos. Los motores son:

- Motor de accionamiento de las bombas (bombas de alimentación forzada, bomba de precalentamiento, bomba de fuga limpia, bomba de alimentación del separador de aceite).
- Motor de separador de aceite.
- Motores de Aero refrigerante.
- Motores de ventilación.



Figura 8. 23-Mantenimiento de los motores Aero refrigerante.



Figura 8. 24-Mantenimiento de motor de separador de aceite.



Figura 8. 25-Motores de ventilación.



Figura 8. 26-Mantenimiento de motores de precalentado.

El mantenimiento de todos los motores incluye la limpieza, el cambio de los rodamientos, la lubricación y el control del aislamiento.

8.6. mantenimiento de la instrumentación industrial de la central

Todos los sensores se colocaron para su mantenimiento y calibración, incluidos los sensores de presión, nivel, vibración y velocidad, así como los termopares.



Figura 8. 27-Mantenimiento de los Sensores de presión y temperatura.

Las electroválvulas de aire de 30 bar fueron depositadas y mantenidas antes de ser montadas.



Figura 8. 28-Electroválvulas de aire 30 bar después del mantenimiento.

8.6.1. Unidad de precalentamiento

La unidad de precalentamiento del grupo ha sido mantenida. Las resistencias se han depositado para control y mantenimiento.



Figura 8. 29-Mantenimiento de la unidad de las resistencias del precalentamiento.

8.6.2. mantenimiento del alternador

Los principales trabajos realizados en el alternador durante el mantenimiento son:

- Desmontaje y mantenimiento de los filtros.
- Mantenimiento de las bobinas rotor y estátor.
- Retirada del carbón de tierra rotor alternador para mantenimiento Control de aislamiento generador (RAS).
- Control del TT y TC alternador.
- Control de las sondas de cojinete arrastrado y de cojinete sin accionar.
- Control del sensor de bobina estátor.
- Control de los sensores de vibración.
- Control de las resistencias anti condensación.
- Medida de aislamiento alternador (con calefacción en servicio).
- Mantenimiento de la célula del punto neutro.

8.6.3. Mantenimiento de los armarios eléctricos

Todos los armarios del grupo (CFA, CFE, BJA, precalentamiento, separador de aceite, han sido controlados y mantenidos. El mantenimiento incluyó la recogida de polvo, la limpieza, el control de la sujeción y la pintura de las partes corroídas.

8.6.4. Mantenimiento de la niebla de aceite:

El detector de la niebla de aceite se ha mantenido y sus filtros han sido cambiados.

8.7. Ensayos y rodaje

Tras la finalización de los trabajos del mantenimiento y remontar de todas las piezas, el circuito de agua de refrigeración del motor se ha cumplido todo el control de la estanqueidad del circuito.

Tan pronto como la estanqueidad del sistema está garantizada, hemos luego comenzó el llenado del cárter de aceite después de un control final y el cierre de sus puertas.

Después de haber comprobado todas las condiciones de arranque, hemos lanzado el grupo durante un minuto y cinco minutos al tiempo que controlan el comportamiento del grupo y la lubricación de todas las partes móviles.

Las protecciones han sido también verifican:

- Presión agua BT.
- Presión agua AT.
- sobre velocidad mecánico.
- Baja presión de aceite.
- Parada de emergencia armario CFE.

8.7.1. Lectura de los parámetros:

Durante el rodaje se tomaron lecturas de los parámetros para garantizar el buen funcionamiento del grupo tras la finalización de los trabajos del mantenimiento

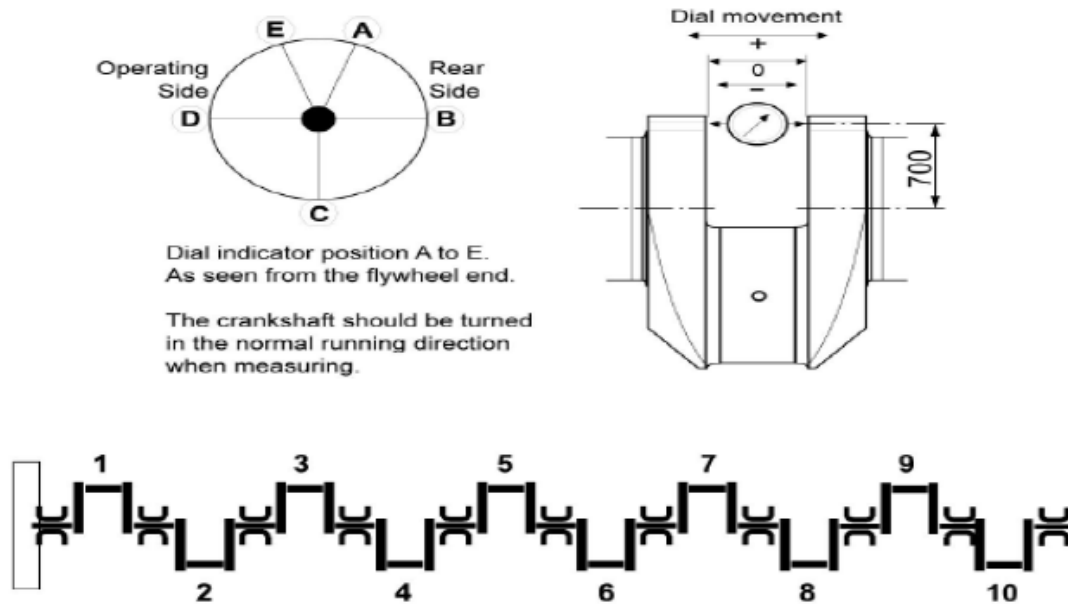


Figura 8. 30-Dimensional de cigüeñal.

9-Cuantificación de la energía perdida a nivel de los gases de escape

9.1. Introducción

Según WARTSILA, los grupos diésel pierden más del 25% de la energía química del combustible en los gases de escape, en este capítulo vamos a calcular la potencia perdida a nivel de los gases de escape en función de la carga de los motores. El cálculo se basa en la temperatura y el flujo de los gases de escape a la salida de los grupos diésel, así como en la composición química de los gases.

9.2. Objetivo del estudio

El cálculo de la energía perdida en el escape nos permite tener el potencial presente en el escape de los grupos diésel en función del régimen de marcha, lo que nos permitirá elegir la solución de recuperación más adecuada.

9.3. Generalidades sobre los gases de escape

9.3.1. Circuito de los gases de escape

El aire de admisión se comprime en el turbocompresor, se enfría en un refrigerante de dos etapas, en la primera etapa se enfría con agua AT y en la segunda con agua BT. A continuación, entra en los cilindros, después de la combustión los gases de escape se dirigen al colector de escape, antes de salir del motor, pasan por la turbina del turbocompresor para proporcionar la energía necesaria para la compresión de aire de admisión.

Los gases de escape pasan después por una caldera de recuperación para producir el vapor (agua sobrecalentada en la central Diésel de TAN TAN) necesario para calentar el combustible y el aceite de lubricación, y, por último, los gases pasan por el silenciador de escape para reducir el ruido ambiental del motor.

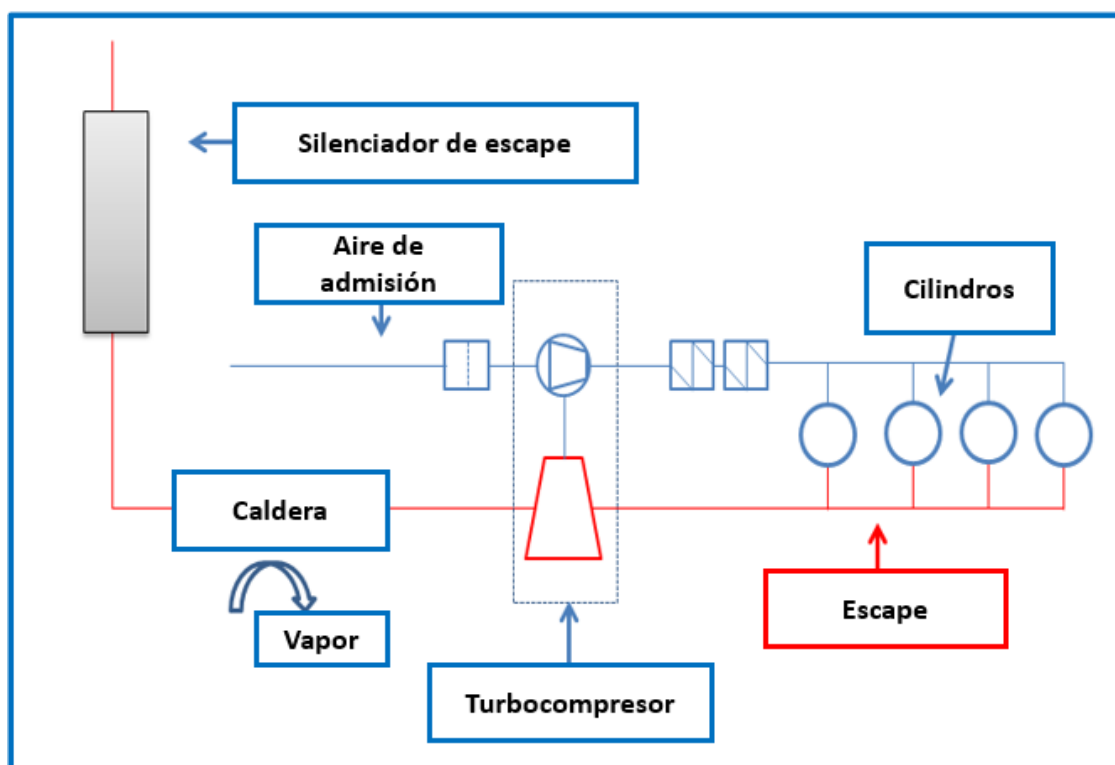
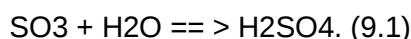


Figura 9. 1- Circuito de los gases de escape.

9.3.2. El punto de rocío del ácido sulfúrico

El fuelóleo BIA número 2 contiene un porcentaje de azufre, este porcentaje puede alcanzar el 0.75% en masa. Durante la combustión y en presencia de una cantidad suficiente de oxígeno, alrededor del 90% del azufre se convierte en SO₂, y una pequeña cantidad de SO₂ del orden del 0.5 al 0.75% se convierte en SO₃. En presencia del vapor de agua, el SO₃ se transforma en ácido sulfúrico en forma gaseosa bajo de la Ecuación (9.1):



A nivel de las calderas de recuperación, si los gases de escape se enfrían por debajo del punto de rocío del ácido sulfúrico, el ácido gaseoso se condensa en forma líquida en el circuito de escape.

La formación de ácido sulfúrico líquido en las paredes de las calderas ataca estas últimas, este fenómeno se llama la corrosión en frío.

El punto de rocío depende principalmente de la presión parcial de SO₂ y H₂O, así como del porcentaje en volumen de la conversión de SO₂ a SO₃. Varias fórmulas experimentales dan una estimación del punto de rocío, por debajo del de Verhoff / Bancho:

$$T_D = 10000 /$$

$$[15.13 - 0.2943 \ln(p_{H_2O}) - 0.858 \ln(C p_{SO_2}) + 0.062 \{6.633 - \ln(C p_{SO_2})\} \{6.633 - \ln(p_{H_2O})\}]$$

p_{SO_2} y p_{H_2O} : presión parcial de SO_2 y H_2O

C: porcentaje en volumen de la conversión de SO_2 a SO_3

La curva siguiente da para cada porcentaje de azufre contenido en el fuel-oíl, la temperatura aproximada del punto de rocío correspondiente.

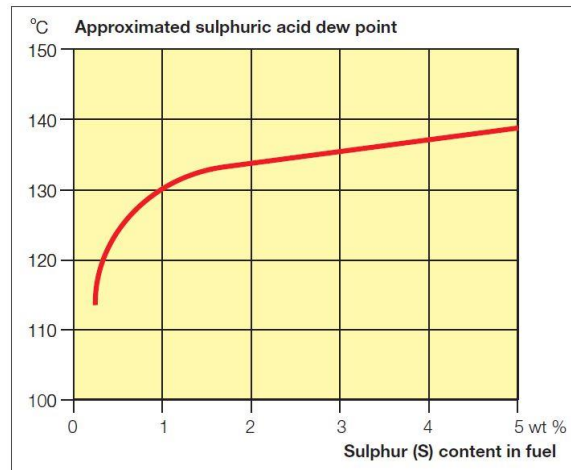


Figura 9. 2-Punto de rocío de ácido sulfúrico en función del porcentaje de azufre del combustible.

Punto de rocío de ácido sulfúrico en función del porcentaje de azufre del combustible.

9.4 El método de cálculo

El método de cálculo adoptado.

Aplicando el primer principio de la termodinámica se obtiene la expresión de potencia térmica de los gases de escape en la ecuación 9.2:

$$P_{th} = \dot{m} * (h_1 - h_0) \quad (9.2)$$

- P_{th} : la potencia térmica de los gases de escape.
- H_1 : La entalpía de la salida de la caldera de recuperación.
- H_0 : La entalpía de los gases de escape a temperatura ambiente.
- $\dot{m}$: El flujo masico de los gases de escape.

En efecto, el flujo de masa es dado por el fabricante en la figura siguiente, por lo que nos queda por calcular $h_1 - h_0$:

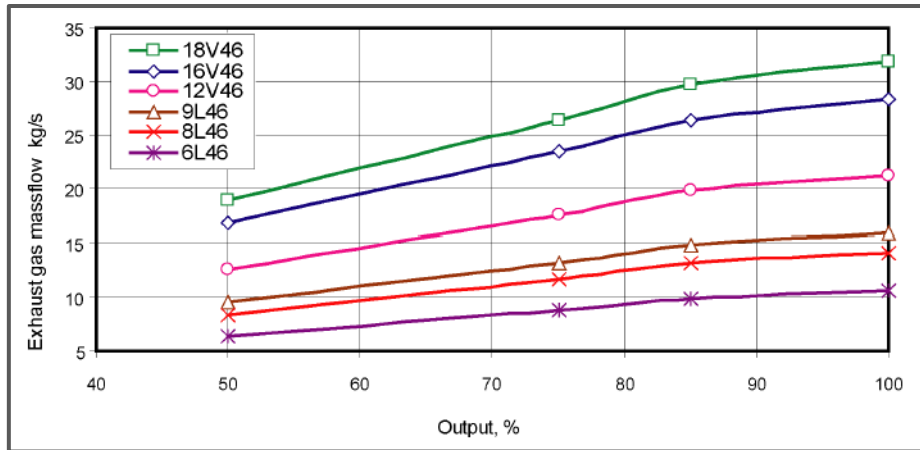


Figura 9. 3-Caudal de gases de escape en función de la carga.

Desde la definición de la capacidad térmica, podemos determinar el término $h_1 - h_0$ en función de la temperatura en la ecuación 9.3.

$$h_1 - h_0 = \int_{T_0}^{T_1} C_p(T) dT \quad (9.3)$$

$C_p(t)$, la capacidad calorífica de los gases de escape, es una función de la temperatura que se escribe en forma más abajo, donde A, B, C, D, E: los coeficientes experimentales en la ecuación 9.4:

$$C_p(T) = A + B * T + C * T^2 + D \quad (9.4)$$

En efecto, el escape de los motores diésel es una mezcla gaseosa de varios componentes, la capacidad térmica de esta mezcla se obtiene aplicando la ley de Dalton que formulada matemáticamente por la ley de la ecuación 9.5:

$$C_p = \sum_i^n X_i * C_{pi} \quad (9.5)$$

C_{pi} la capacidad calorífica del componente i se X_i es la fracción molar del componente elemental i de la mezcla gaseosa, se calcula a partir del análisis de la composición de los gases de escape:

	N2.	O2	CO2	H2O	SOx	NOx	Ar
Masa (g/KWh).	5020	900	560	260	9,6	12	75
Masa molar	28,0134	31,99	44	18,01	64,066	30,0061	39,948
Número de Mol	179,20	28,13	12,73	14,44	0,15	0,40	1,88
Fracción mol Xi	0,7564	0,1187	0,0537	0,0609	0,0006	0,0017	0,0079

Tabla 9. 1-Características químicas de los gases de escape.

Los coeficientes A, B, C, D y E de la función $C_p(T)$ se dan para cada gas elemental de la mezcla por el "National Institute of Standards and Technology (NIST)", que es una agencia del Departamento de Comercio de Estados Unidos. Su objetivo es promover la economía mediante el desarrollo de tecnologías, la metrología y normas junto con la industria.

	O2	N2.	CO2	H2O	NOx	SOx	Ar	Mezcla
A	31,32234	28,98641	24,99735	30,092	23,83491	21,43049	20,786	30,525296
B	-20,23531	1,853978	55,18696	6,832514	12,58878	74,35094	2,8259E-07	-11,570641
C	57,86644	-9,647459	-33,69137	6,793435	-1,139011	-57,75217	-1,4642E-07	41,128058
De	-36,50624	16,63537	7,948387	-2,53448	-1,497459	16,35534	1,0921E-08	-25,337219
E	-0,007374	0,000117	-0,136638	0,082139	0,214194	0,086731	-3,6614E-08	-0,007617

Tabla 9. 2-Los factores experimentales de la función $C_p(T)$.

Hipótesis de cálculo

En los cálculos, estamos suponiendo que:

- Las emisiones de SOx no están constituidas como SO₂, en efecto las medidas mostraron que un porcentaje muy pequeño de SO₂ se convertirá en SO₃, este porcentaje no supera normalmente el 1%.
- Las emisiones de NOx no están constituidas como no, en efecto, según el fabricante WARTSILA el N^o2 representa aproximadamente el 1% de las emisiones de NOx.
- Los gases de escape son estimados como un gas perfecto.

9.5. Cálculo y resultados

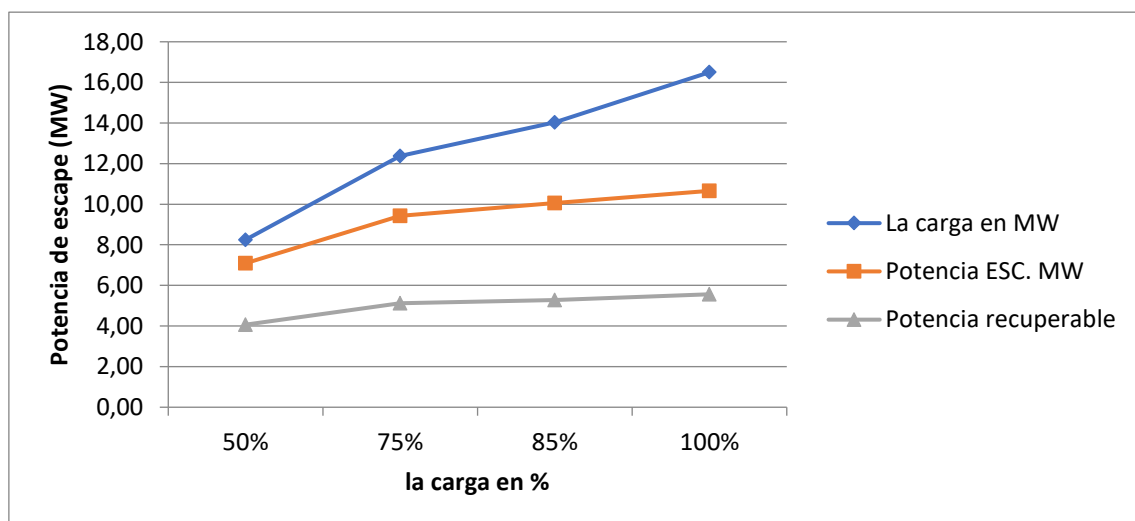
Los datos y fórmulas citados en el párrafo anterior están organizados en una hoja EXCEL, lo que nos da los siguientes resultados.

9.5.1. Para los grupos 18V46

Los resultados que figuran a continuación se obtienen suponiendo que los gases de escape se enfrían en un intercambiador hasta la temperatura ambiente

La carga en %	50	75	85	100
Caudal másico (kg/s)	19	27	30	32
Temperatura del gas (°C)	371	350	338	336
La carga (MW)	8,25	12,38	14,03	16,50
Consumo específico	207	195,0	193,0	194,0
Potencia entrada palabra. (MW)	19,23	27,17	30,47	36,04
Potencia de escape. (MW)	7,09	9,43	10,06	10,66
Energía perdida ESC. En %	36,9%	34,7%	33,0%	29,6%
Rendimiento del motor	42,9%	45,6%	46,0%	45,8%

Tabla 9. 3-La potencia perdida en el escape para motores 18V46.



Grafica 9. 1--La potencia recuperable de escape para motores 18V46.

9.6. Conclusión:

Este capítulo nos ha permitido cuantificar el potencial presente en los gases de escape de los motores diésel, así como las limitaciones de recuperación que se deben esencialmente a la corrosión en frío por condensación del ácido sulfúrico. Sobre la base de los cálculos hechos buscaremos en el siguiente capítulo las diferentes soluciones de recuperación de la energía perdida.

10.Soluciones de recuperación de la energía perdida

10.1. Introducción

Después de cuantificar el potencial presente a nivel de escape, llevaremos a cabo una vigilancia tecnológica sobre las diferentes soluciones de recuperación de la energía contenida en los gases de escape, al tiempo que se basa en un criterio que consiste en elegir las soluciones ya instaladas por centrales diésel similares a las de TAN TAN.

10.2 la cogeneración

La cogeneración consiste en producir al mismo tiempo y en la misma instalación energía térmica (calor) y energía mecánica. La energía térmica se utiliza para la calefacción y la producción de agua caliente mediante un intercambiador. La energía mecánica se transforma en energía eléctrica mediante a un alternador.

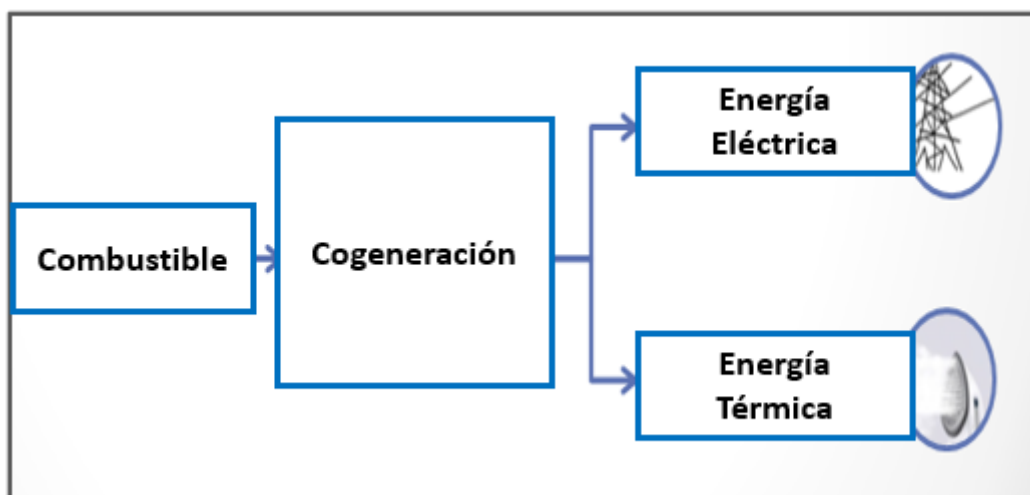


Figura 10. 1- Principio de la cogeneración.

En una central diésel que funcione en modo de cogeneración, la electricidad producida por los grupos diésel se inyectará directamente en la red, mientras que el calor liberado por los grupos a nivel de escape se recupera directamente a través de un intercambiador de calor en forma de agua sobrecalentada o vapor, y luego se puede consumir localmente (generalmente para el acondicionamiento de combustible) o introducido en las tuberías (redes de calefacción) para calentar empresas, industrias, edificios públicos.

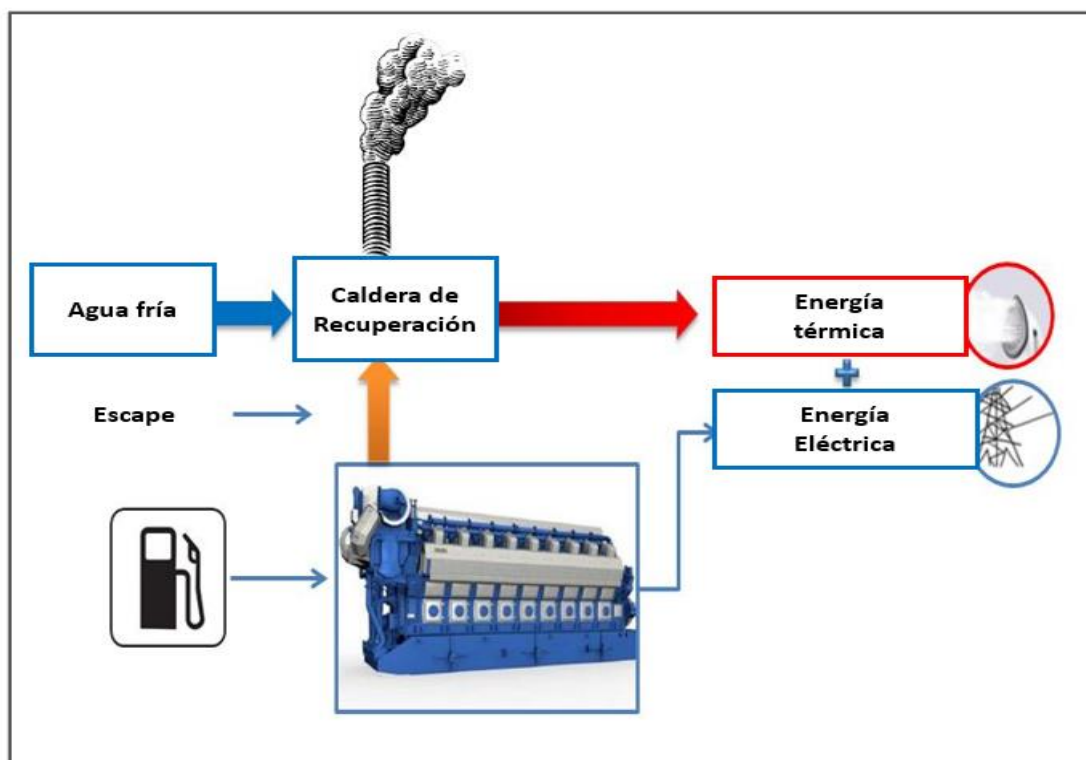


Figura 10. 2-La cogeneración en una central Diesel.

Las centrales diésel alimentadas con combustible fuel-oíl BIA, están generalmente equipadas con un sistema de cogeneración. En efecto, la inyección del combustible en el motor, su purificación, su acondicionamiento y su transferencia requieren temperaturas precisas, de ahí la necesidad de su calentamiento mediante el agua sobrecalentada producida por el sistema de cogeneración. Como se menciona en el primer capítulo, la centrales diésel de TAN TAN no está fuera de este marco, la central está equipada con un sistema de cogeneración que recupera una parte de la energía contenida en los gases de escape para producir el agua sobrecalentada necesaria para calentar el combustible.

El punto fuerte de la cogeneración y que permite valorizar una fuente de energía que generalmente se abandona, permitiendo así aumentar la eficiencia total de la instalación en más de un 20%. Pero a pesar de todas sus ventajas, la cogeneración sigue limitada por la existencia de necesidades de calor cercanas al lugar de producción.

10.3. la Trigeneración

10.3.1. El principio de trigeneración

La Trigeneración es la producción de tres energías de una misma fuente: energía térmica, producción de frío, energía eléctrica. Es el proceso por el cual el calor producido por una central de cogeneración se utiliza para generar agua refrigerada para el aire acondicionado o la refrigeración a través de una máquina de absorción.

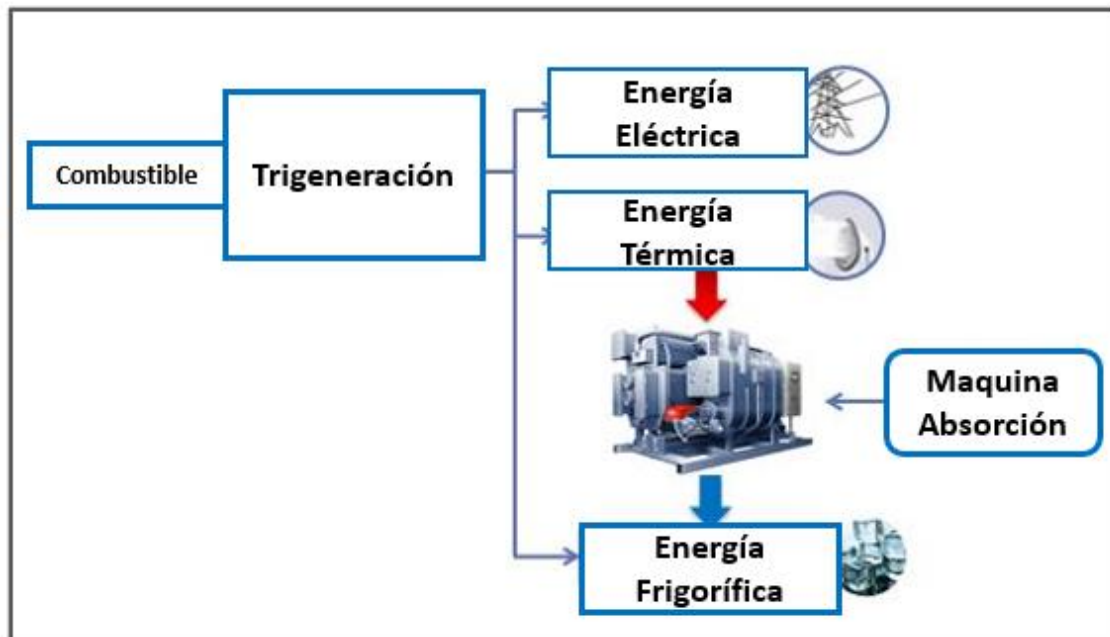


Figura 10. 3-Principio de la trigeneración. .

La transformación del calor en energía frigorífica se efectúa mediante una máquina de absorción cuyo principio se describe a continuación.

10.3.2. La máquina de absorción

La máquina de absorción es una máquina frigorífica que utiliza una fuente de calor para girar el ciclo que permitirá extraer el calor. En lugar del compresor mecánico utilizado habitualmente, un compresor térmico permite realizar la misma función evaporando una solución binaria a través de una fuente de calor. Este modo de funcionamiento es interesante cuando se dispone de una fuente de calor prácticamente gratuita (luz solar, gas o líquido caliente procedente de una turbina o de un proceso industrial, etc...).

La máquina de absorción una tecnología conocida y controlada ya que su invención de 1859. Por supuesto, desde entonces se ha mejorado considerablemente.

Las soluciones binarias más utilizadas son el agua/bromuro de litio ($H_2O/LiBr$) que se utiliza en el aire acondicionado a temperaturas cercanas a $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, o el agua/amoniaco (H_2O/NH_3) que permita tener temperaturas cercanas a las obtenidas por las máquinas frigoríficas de compresión mecánicas. El principio de una máquina que utiliza el par H_2O/NH_3 se presenta a continuación:

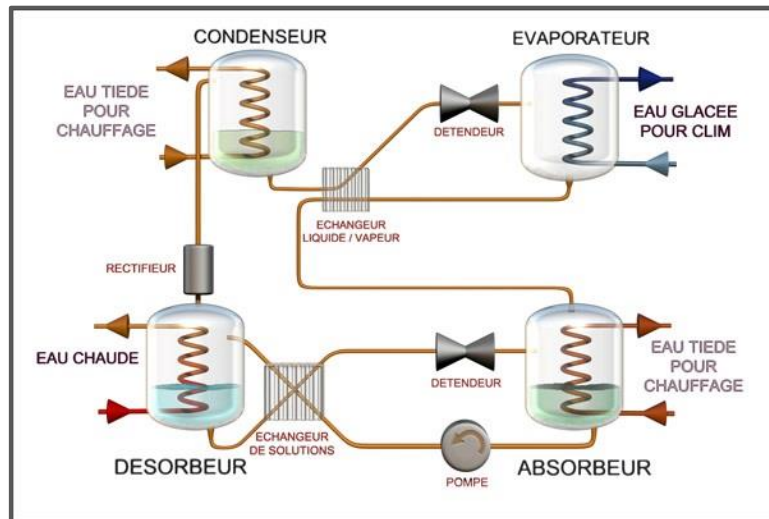


figura 10. 4-Principio de una máquina de absorción.

- 1- La mezcla agua/amoniaco contenida en el desorber se calienta con la fuente de energía. El amoniaco se evapora y pasa a través de un rectificador que viene a purificar los vapores del agua residual. La mezcla empobrecida en amoniaco es conducida hacia el absorbedor.
- 2- El amoniaco puro en estado gaseoso se condensa en el condensador, con producción de calor.
- 3- Después de pasar del amoniaco líquido en un intercambiador de vapor que va a pre-enfriar el fluido, un regulador permitirá la evaporación del amoniaco en el evaporador, lo que conduce a la producción de frío.
- 4- El vapor de amoníaco se introduce en el absorbedor donde se absorberá en la solución pobre en amoníaco del desorber. Esta nueva solución, rica en amoníaco, y luego devuelta al desorber para un nuevo ciclo.

10.4. Generación de electricidad por ciclo combinado

Un ciclo combinado es una combinación de 2 ciclos termodinámicos. En el caso de una central diésel, es un ciclo de motor diésel y un ciclo de Rankine, el ciclo de Rankine utiliza el agua y como fluido motor, o un fluido orgánico y en este caso el ciclo se llama ciclo orgánico de Rankine conocido generalmente por ORC (Organic Rankine Cycle). Los ciclos combinados permiten mejorar el rendimiento total de la central.

10.4.1. Ciclo de rankine de vapor

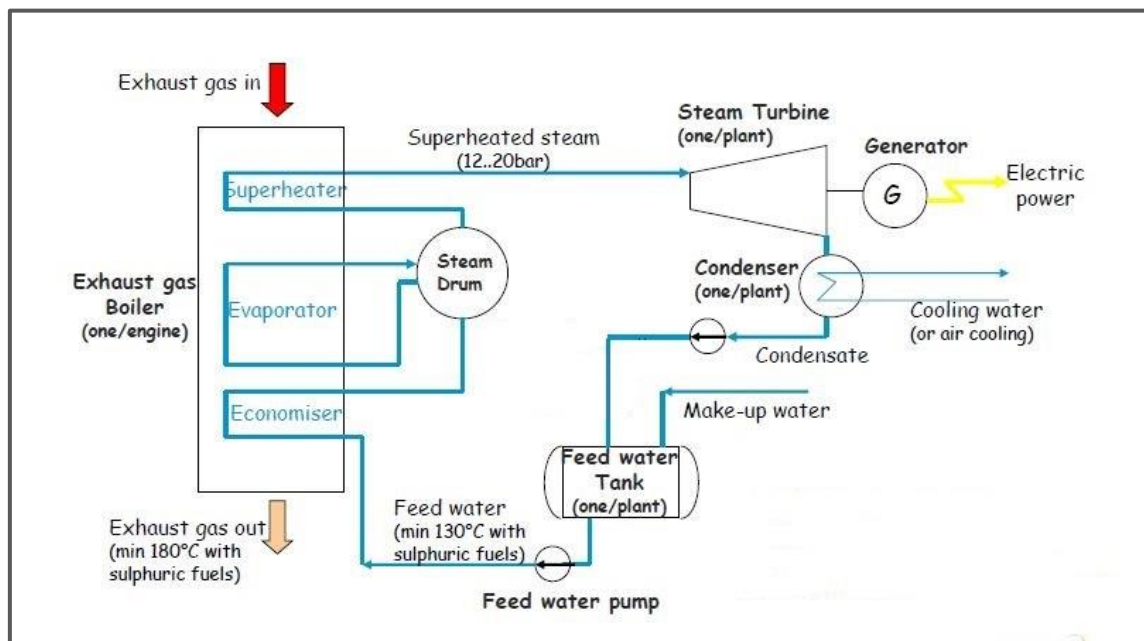


Figura 10. 5-Esquema del Ciclo combinado de vapor para una central Diesel.

El ciclo de Rankine es un ciclo termodinámico formado por dos isobaras y dos adiabáticos reversibles. Este ciclo se utiliza en las centrales de vapor. Los componentes de una instalación que funciona al ciclo de Rankine son: la caldera, la turbina, la bomba y el condensador.

- 1→2: Compresión adiabática y reversible.
- 2→3: Vaporización isobara e irreversible.
- 3→4: Expansión adiabática y reversible.
- 4→1: condensación isobara e irreversible.

11. Solución para la central Diesel

11.1. Introducción

Por sus siete grupos 18V46, la central Diésel tiene un potencial importante en el escape de sus grupos. En este capítulo vamos a estudiar la viabilidad de las diferentes soluciones de recuperación y así elegir la más adecuada.

11.2. Estudio de la situación actual

En la central Diesel, una porción de 700 kW se recupera por motor en el escape, gracias a las calderas de recuperación instaladas en los conductos de escape. Estas calderas utilizan una cantidad de energía de los gases de escape para producir agua sobrecalentada necesaria para calentar el combustible y el aceite lubricante.

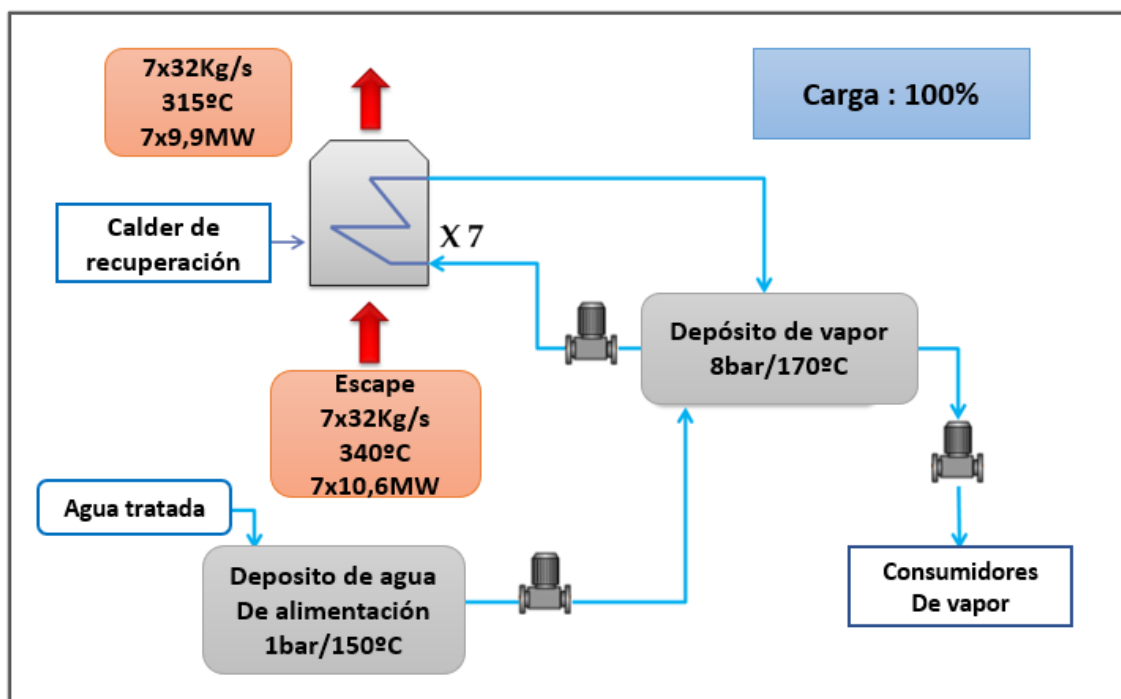


Figura 11. 1-Circuito de producción de agua sobrecalentada en Tan Tan.

A pesar de esta porción de energía recuperada, un potencial importante es cedido a la atmósfera. Por ejemplo, para una carga del 100%, los siete grupos proporcionan una potencia eléctrica neta de 115,5 MW y una potencia térmica de 69 MW al nivel de emisiones de escape.

En lo que sigue, vamos a estudiar las diferentes soluciones de recuperación.

11.3. Ciclo combinado de vapor

11.3.1. Aplicación de la solución

Esta solución es propuesta por el fabricante del motor como opción, consiste en cambiar las calderas de recuperación (figura 11.2) utilizadas para la producción de agua sobrecalentada.

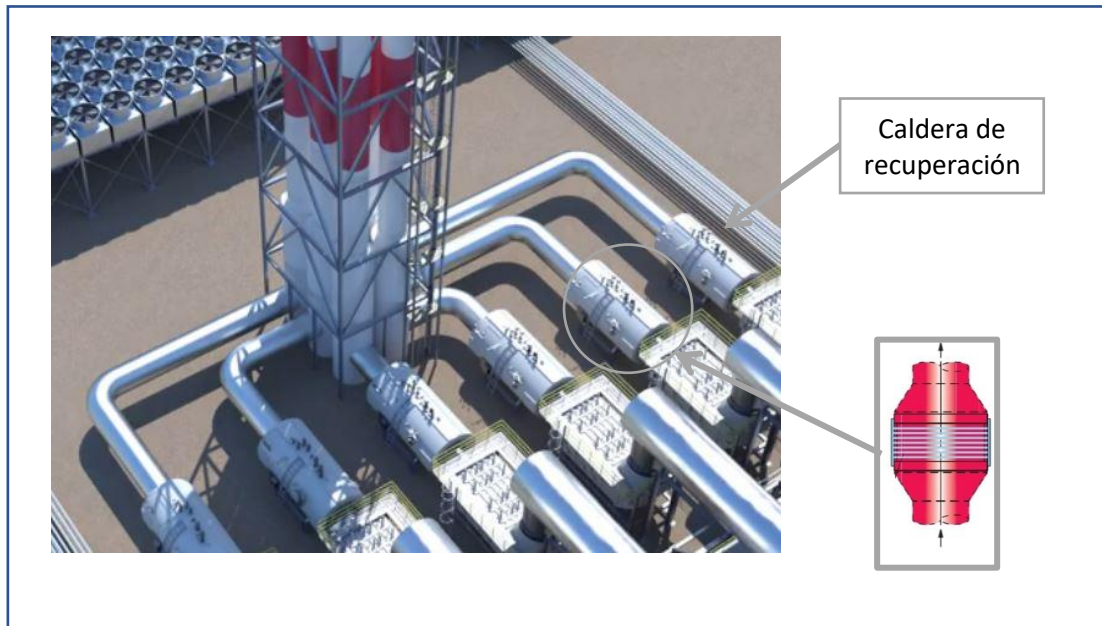


Figura 11. 2-Caldera de recuperación para la producción de agua sobrecalentada.

Por medio de intercambiadores de grandes dimensiones y formados por tres etapas: el economizador, el vaporizador y el recalentador (figura a continuación), el conjunto está conectado a una turbina de vapor.

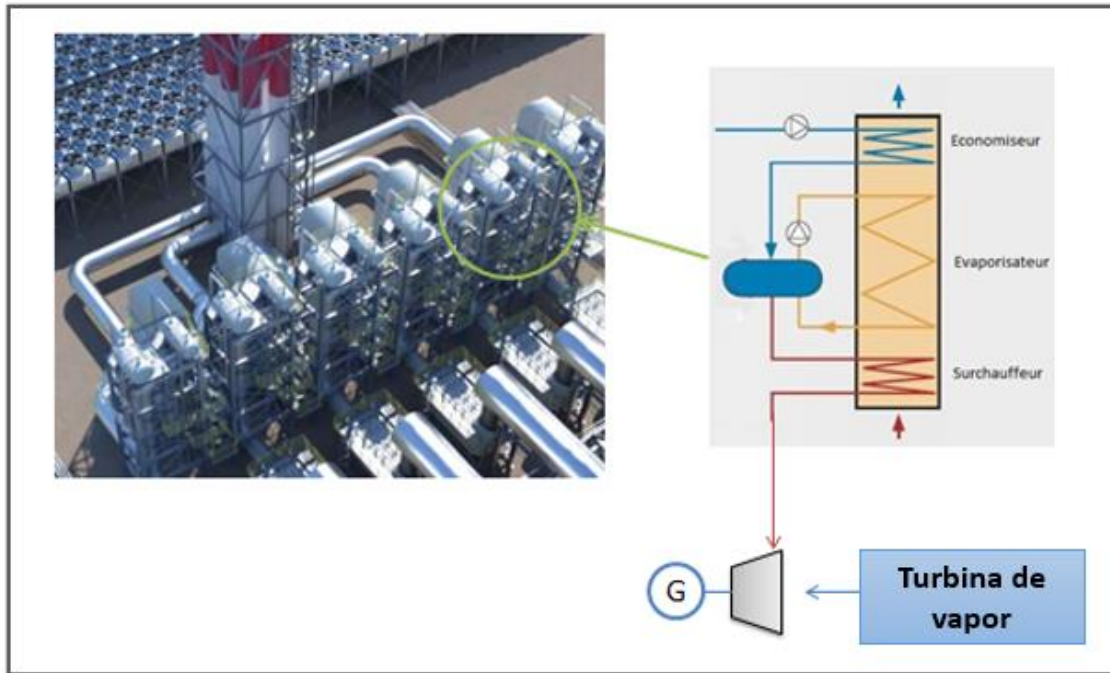


Figura 11. 3- Aplicación de un ciclo combinado de vapor para una central Diesel.

Esta solución permite producir una cantidad de electricidad adicional de 7,8 MW a 90% de carga de los motores.

11.3.2. Las ganancias estimadas de la solución

Para evaluar las ganancias de la solución vamos a suponer el modo de funcionamiento siguiente:

- Los siete grupos funcionan a una carga del 90%.
- Los grupos funcionan 6000 horas al año.

La elección de la carga no es aleatoria, pero se basa en el punto de funcionamiento óptimo de los grupos que se sitúa entre 80 y 90% de la carga, y como la potencia de escape aumenta con la carga, se considera el 90% de la carga.

Para 1 hora de producción:

- Los grupos diésel producen: $14,85 \times 7 = 103,95$ MWh
- La turbina de vapor produce: 7,8 MWh.
- Producción Total: 111,75MWh
- Rendimiento en ciclo simple: 45,80%
- Rendimiento en ciclo combinado: 49,24%
- Ganancia en eficiencia: 3,44%.

Este modo de funcionamiento permite un aumento del rendimiento de 3.44%, y un ahorro de combustible del 7% equivalente a 8820 t para una marcha anual de 6000 horas.

11.3.3. la reducción de emisiones estimada

Para las mismas hipótesis (carga: 90% y 6000 horas de marcha al año) tenemos:

Para 1 hora de producción:

- Los grupos Diesel producen: $14,85 \times 7 = 103,95$ MWh
- La turbina de vapor producto: 7.8 MWh
- Producción total: 111,75 MWh

Para la misma cantidad producida:

- Emisiones de CO₂ en ciclo simple: 62,58 t
- Emisiones de CO₂ en ciclo combinado: 58,21 t
- Reducción de las emisiones de CO₂: 4,37 t

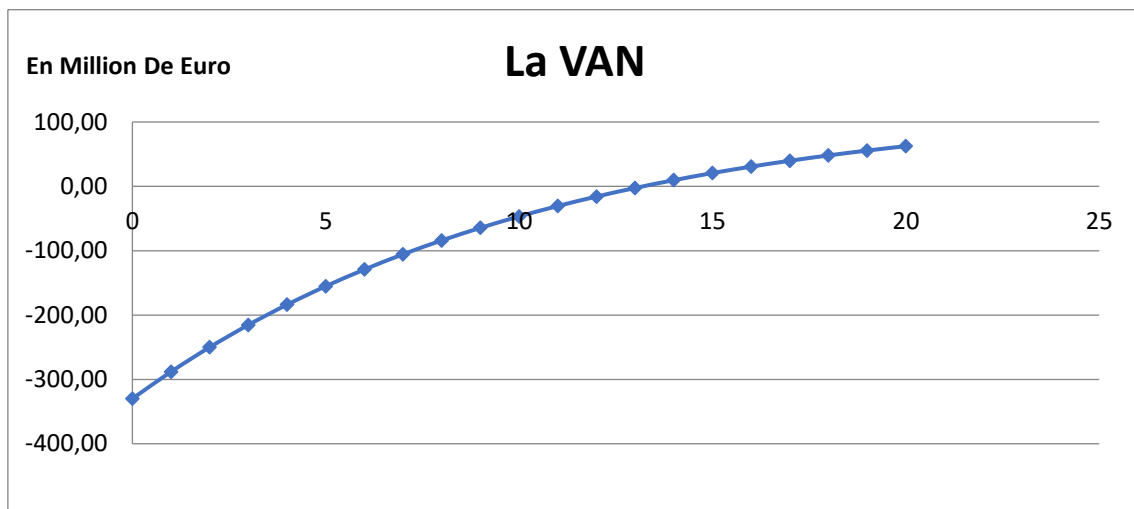
Esta solución permite reducir las emisiones de **7%** equivalente a **26220 toneladas** de CO₂ al año.

11.3.4. Estudio técnico-económico

Hipótesis de cálculo:

- Coste de la inversión: 33000 Euro
- Duración: 20 años
- Coste de mantenimiento: 330.7 Euro
- Tasa de descuento: 10%
- HM anuales: 6000 horas

El gráfico 11.1 ilustra la evolución de la VAN.



Grafica 11. 1-la evolución de la VAN.

11.4. Ciclo orgánico de Rankine (ORC)

11.4.1. Aplicación de la solución

Esta solución consiste en instalar aguas calderas de recuperación ya existentes de las nuevas calderas dedicadas al calentamiento del fluido orgánico, el conjunto de las nuevas calderas está conectado a una turbina ORC.

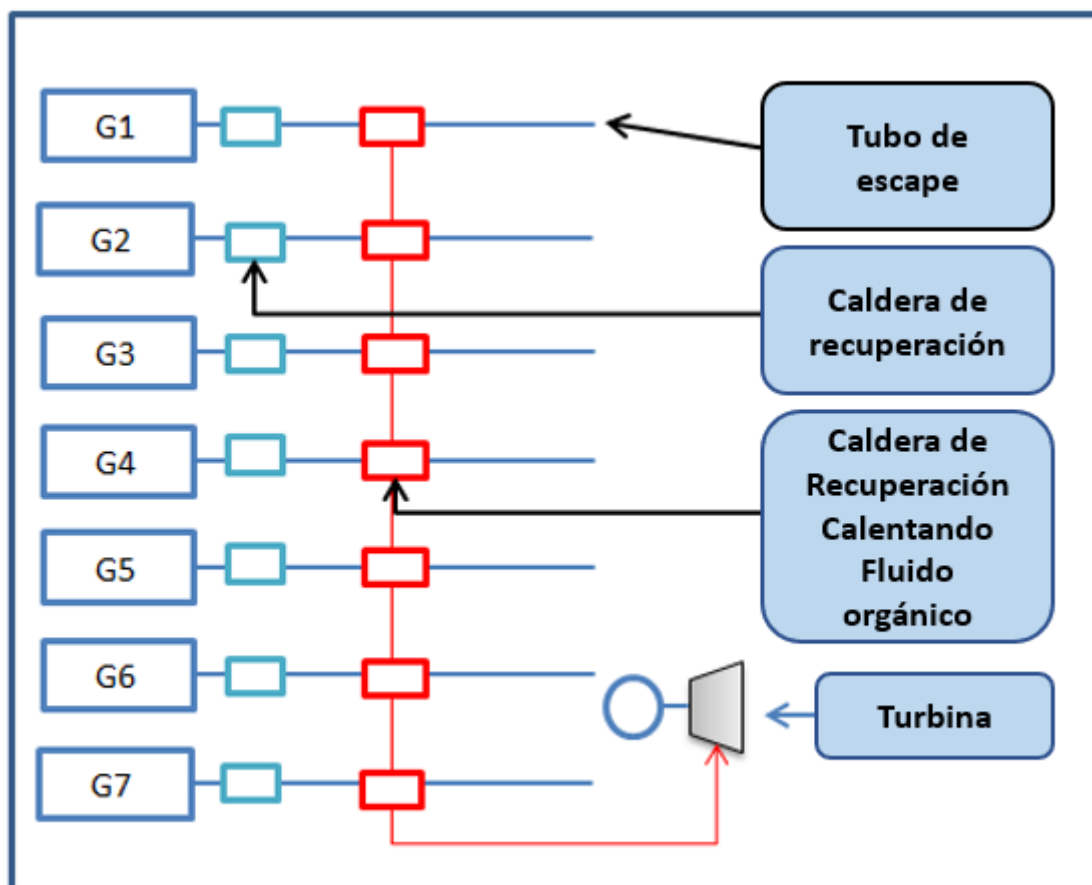


Figura 11.4-Ciclo Orgánico de Rankine para la central de Tan Tan.

Esta solución permite generar una cantidad de electricidad adicional de 7MW a 90% de carga de los motores.

11.4.2. Las ganancias estimadas de la solución

Para 1 hora de producción:

- Los grupos Diesel producen: $14,85 \times 7 = 103,95$ MWh
- El módulo ORC produce: 7 MWh
- Producción total: 110,95 MWh
- Rendimiento en ciclo simple: 45,8%
- Rendimiento en ciclo combinado: 48,9%
- Ganancia en rendimiento: 3,1%

Este modo de funcionamiento permite un aumento del rendimiento del 3,1%, y un ahorro de combustible del 6,2% equivalente a 7980 t para una marcha anual de 6000 horas.

11.4.3. la reducción de emisiones estimada

Para 1 hora de producción:

- Los grupos Diesel producen: $14,85 \times 7 = 103,95$ MWh
- El módulo ORC produce: 7 MWh
- Producción total: 110,95 MWh

Para la misma cantidad producida:

- Emisiones de CO₂ en ciclo simple: 62,13 t
- Emisiones de CO₂ en ciclo combinado: 58,21 t
- Reducción de las emisiones de CO₂: 3,92 t

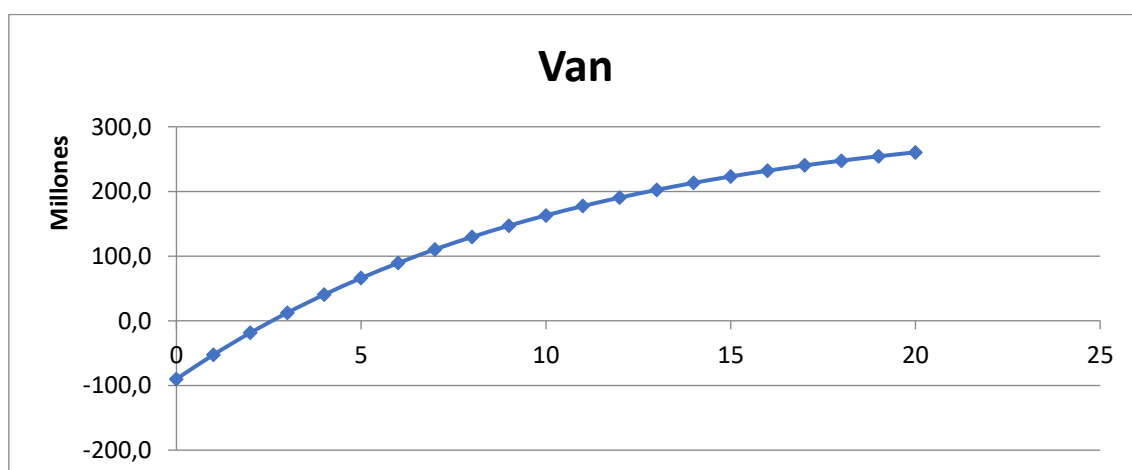
Esta solución permite reducir las emisiones de **6.3%** equivalente a **23520 toneladas** de CO₂ al año.

11.4.4. Estudio técnico-económico

Hipótesis de cálculo:

- Coste de la inversión: 9500 Euro
- Duración : 20 años
- Coste de mantenimiento: 1235 KDH ($1,3\% \times I$)
- Tasa de descuento: 10%
- HM anuales: 6000 horas

El gráfico siguiente ilustra la evolución de la Van :



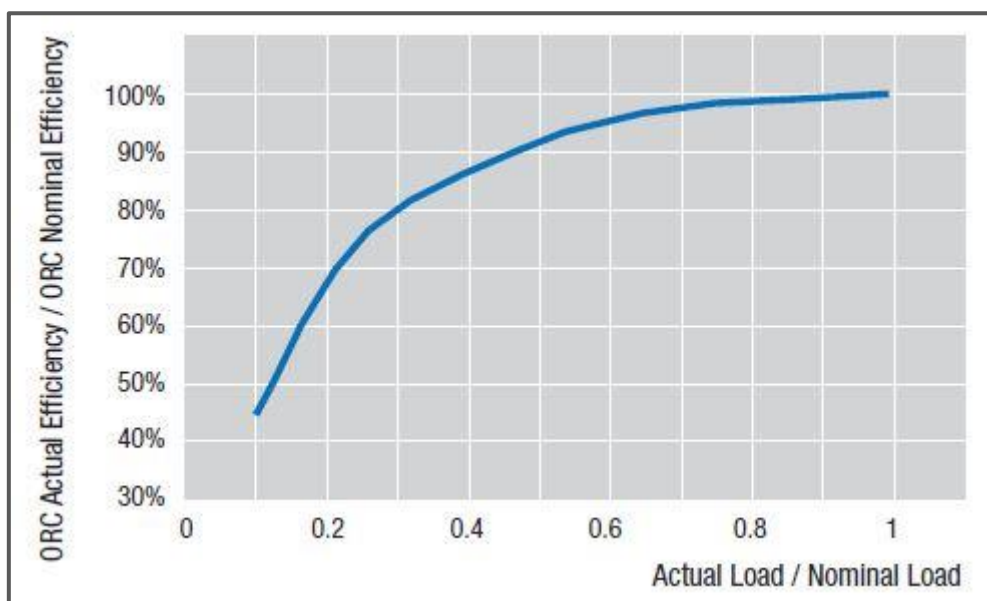
Grafica 11. 2-la evolución de la VAN.

11.5. Elección de la solución

Para la elección de la solución nos basamos en los dos criterios siguientes:

- El precio del KW instalado (Euro/KW).
- La flexibilidad con vistas a las exigencias de explotación de la central.

A diferencia del ciclo de Rankine de vapor, que requiere una marcha en base a una carga de 90% para tener un rendimiento óptimo, el ciclo orgánico permite una gran flexibilidad como se muestra en la figura siguiente, así que el módulo ORC puede funcionar al 50% de su carga manteniendo más del 90% de su rendimiento nominal.



Grafica 11. 3-Rendimiento de los módulos ORC del fabricante TURBODEN.

Para el precio del KW instalado, el ciclo combinado de vapor tiene una ratio de 42307 EURO/KW, mientras que el ciclo orgánico de Rankine a una ratio de 13571 EURO/KW

Basándose en los dos criterios, la solución elegida es el ciclo orgánico de Rankine.

12. Conclusión general:

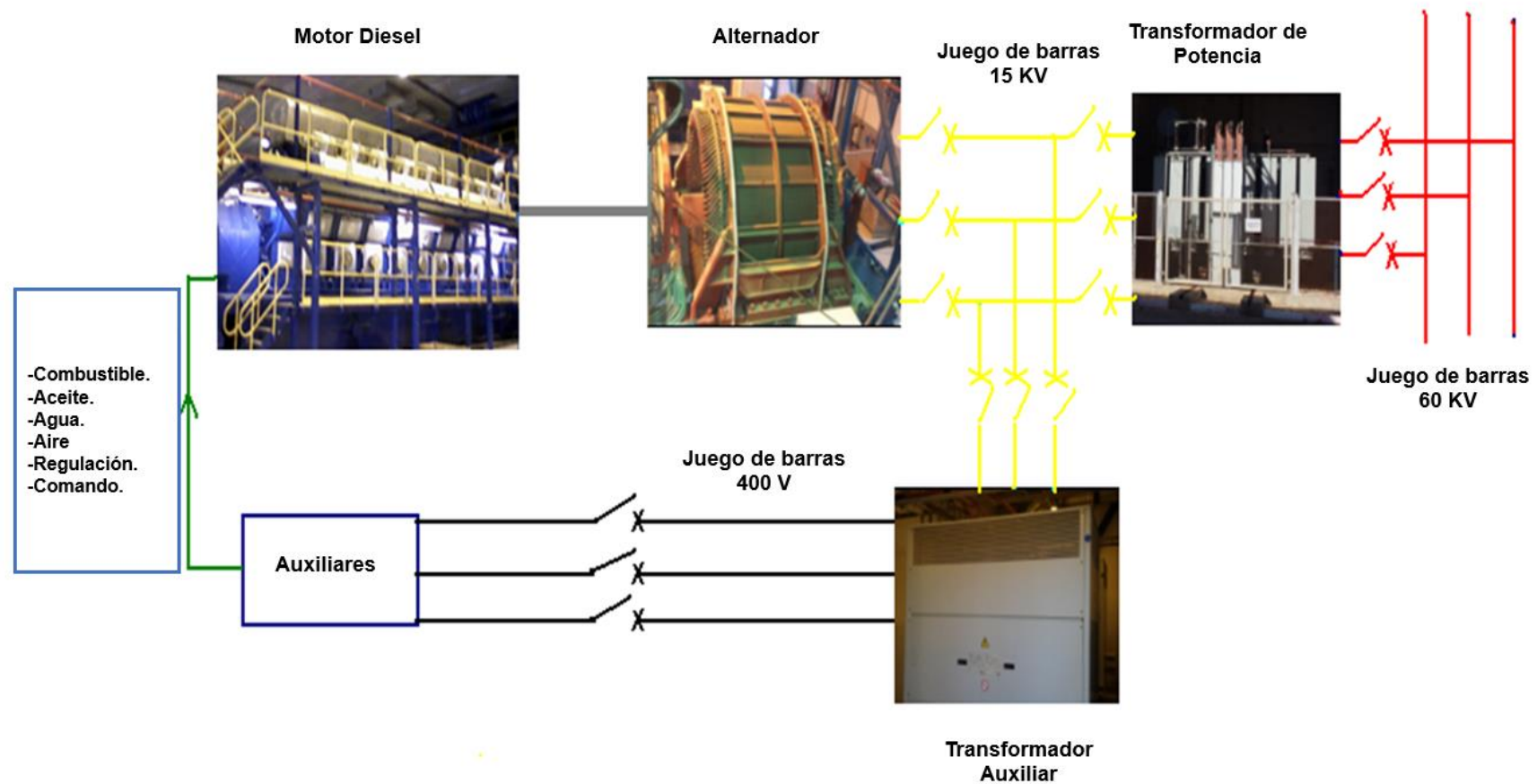
Los gases de escape de los motores diésel instalados en las centrales diésel de TAN TAN presentan un potencial importante que debe explotarse y valorizarse.

Para recuperar este potencial son posibles varias soluciones, pero las más adecuadas para estas centrales son la desalación y la producción de electricidad por un ciclo orgánico de Rankine.

La utilización de un ciclo orgánico de Rankine en la central Diésel de TAN TAN permite la producción de una potencia adicional de 7 MW a cero costes combustibles, equivalente a un ahorro de combustible del 7% o 8820 t/año para una marcha anual de 6000 horas a 90% de carga de los grupos. A esto se añade una reducción de las emisiones del 7%, es decir, 26.220 toneladas de CO₂ al año. Esta solución se rentabiliza al cabo de 3 años.

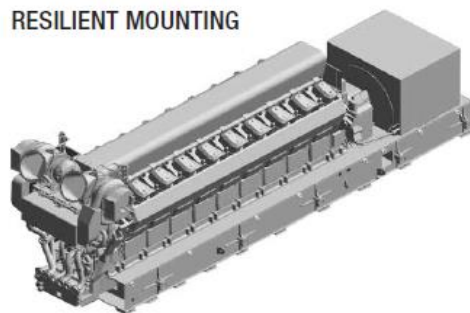
13. Anexos

13.1 Esquema simplificado del funcionamiento de la central





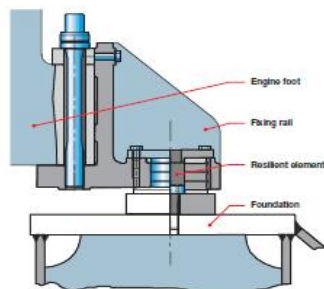
RESILIENT MOUNTING



RESILIENT MOUNTING – POWER PLANT APPLICATIONS

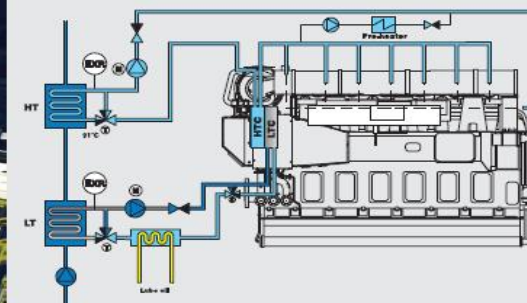
A Wärtsilä 46 engine mounted on a common base frame with steel springs under the generating set. This kind of installation can be used both for land-based and floating power plants.

14



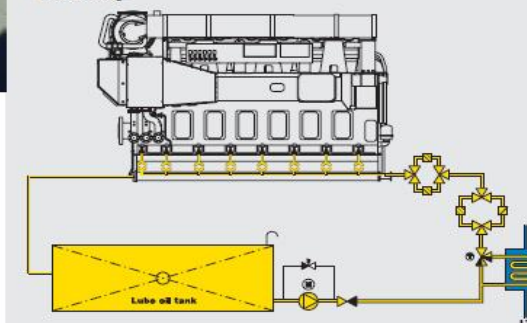
RESILIENT MOUNTING – MARINE APPLICATIONS

In marine applications resilient mounting is used for preventing structure borne vibrations.



COOLING SYSTEMS

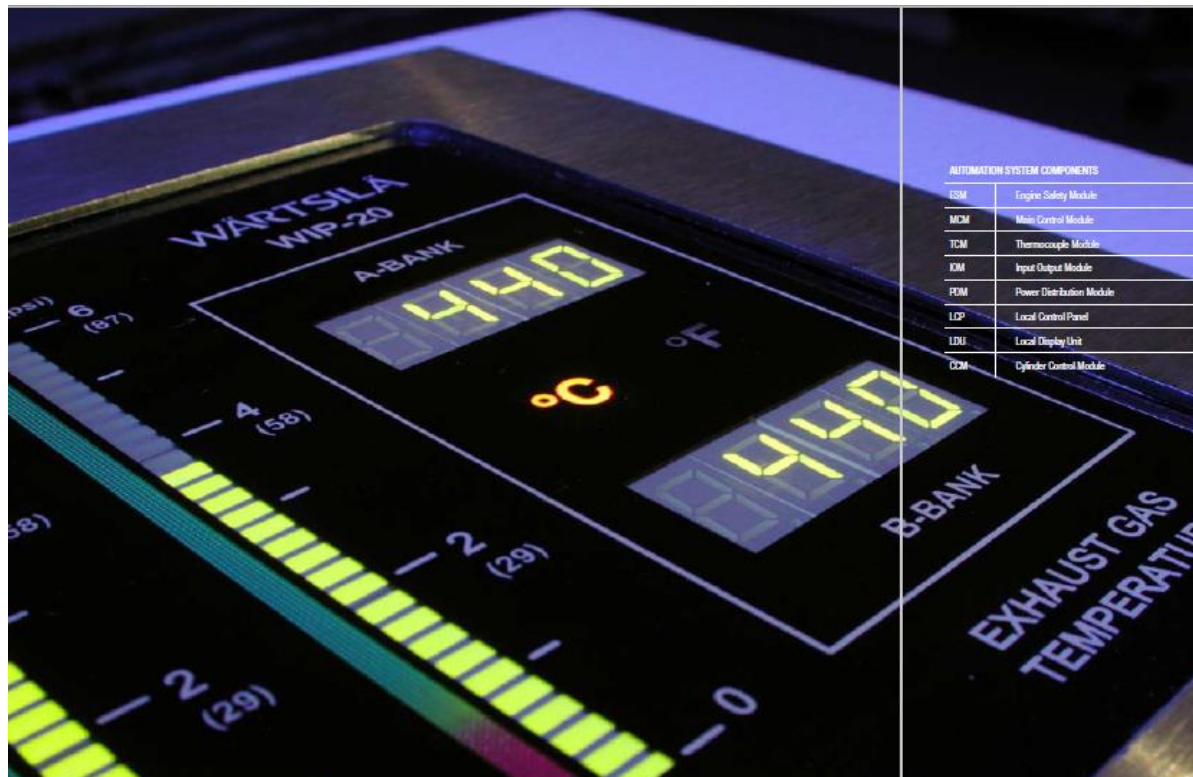
- The fresh water cooling system is divided into high temperature and low temperature cooling system.
- The high temperature cooling water system operates constantly at a high temperature level to make the temperature fluctuations in the cylinder components as small as possible and preventing from corrosion due to undercooling.
- For obtaining maximum heat recovery the charge air cooler is split into a high and low temperature section.
- Engine driven pumps can be provided as an option for marine application. In power plant application, these are standard.



LUBRICATING OIL SYSTEM

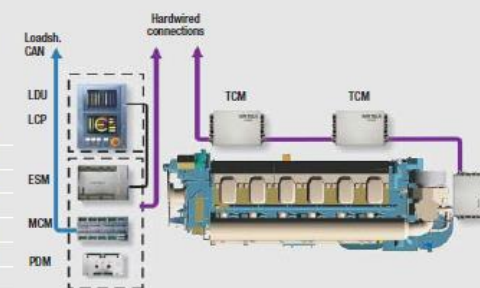
- Marine engines have dry sump and power plant engines wet sump. The lube oil is treated outside the engine by continuous separating.
- On the way to the engine, the oil passes through a lube oil cooler, a full flow automatic filter unit and a safety filter for final protection.
- For the purpose of running-in, provision has been made for mounting special running-in filters in the crankcase in front of each main bearing.
- Engine driven lube oil pump can be provided as an option for marine application. In power plant application this is standard.

15

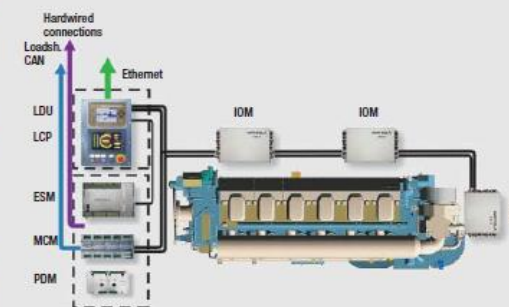


AUTOMATION SYSTEM COMPONENTS

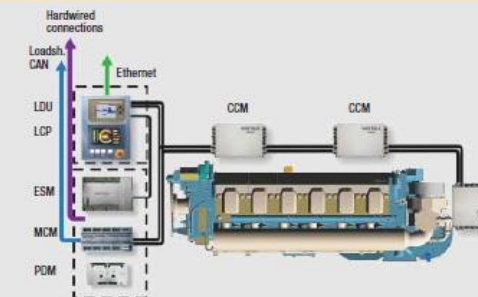
ESM	Engine Safety Module
MCM	Main Control Module
TCM	Thermocouple Module
IOM	Input Output Module
PDM	Power Distribution Module
LCP	Local Control Panel
LDU	Local Display Unit
CCM	Cylinder Control Module



UNIC C1



UNIC C2



UNIC C3

AUTOMATION SYSTEM

The Wärtsilä 46 is equipped with a modular embedded automation system, Wärtsilä unified controls - UNIC, which is available in three different versions. The basic functionality is the same in all versions, but the functionality can be easily expanded to cover different applications. UNIC C1 and UNIC C2 are versions applicable for engines with conventional fuel injection, whereas UNIC C3 additionally includes fuel injection control for engines with common-rail fuel injection.

UNIC C1

In the UNIC C1 engine automation system, the fundamental aspects of the engine control and safety are handled by the embedded control and management system. This includes engine speed and load control as well as overspeed protection, lube oil pressure and cooling water temperature protection. For the other parts, the design requires the majority of the sensors to be hardwired to an external alarm and monitoring system.

The following functionality is provided:

- Fundamental safety (overspeed, LO pressure, cooling water temp.)

- Basic local monitoring
- Hardwired interface to external alarm and monitoring systems
- Speed and load control

The engine control system is designed to:

- Achieve the highest possible reliability, with components, e.g. sensors, designed specifically for the on-engine environment,
- Reduce cabling on and around the engine, with a clear point of interconnection and a standardized interface, and
- Provide high performance with optimized and pre-tested controls.

UNIC C2/C3

The UNIC C2 and C3 engine automation system provides a completely embedded engine management system, which in case of common rail fuel injection has integrated electronic control of the fuel injection. This is a distributed and bus-based system in which the monitoring and control function is placed close to the point of measurement and control. This significantly simplifies both the on- and off-engine wiring. Additionally, the advanced functions in the system, e.g. for diagnostics and control, provide outstanding performance and reliability.



and the need for off-engine systems is considerably reduced.

The system meets the highest requirements for reliability, with selective redundancy and fault-tolerant designs, and can be applied to single main engine operation.

The following functionality is provided:

- Complete engine safety system
- Complete local monitoring, including all readings, events and diagnostics
- Speed and load control
- Complete engine control, including start/stop, load reduction request, etc.
- Alarm signal provision
- Full system diagnostics
- Fieldbus interface
- Combustion control, EFC, for diesel or gas applications
- Redundant control strategies, and fault-tolerant operation

The engine control system is designed to:

- Provide a compact embedded engine control and management system for space-saving applications,
- Reduce installation and commissioning time by providing a very simple fieldbus-based interface that is delivered pre-tested and fully operational from the factory.
- Achieve the highest possible reliability with components, e.g. sensors, designed specifically for the on-engine environment,

- Considerably reduce cabling on and around the engine through a bus-based architecture, with a clear point of interconnection and with a standardized hardware and fieldbus interface,
- Provide high performance with optimized and pre-tested controls, and
- Act as an easy and convenient calibration and service tool for on-line tuning and system diagnostics.

MAINTENANCE

During design and development the engine manufacturer emphasizes the necessity of easy maintenance by including tooling and easy access in the basic design and by providing easy-to-understand instructions.

- The Wärtsilä 46 maintenance principle is substantiated by the following:
 - A cylinder head with four fixing studs and simultaneous hydraulic tightening of all four studs.
 - A hydraulic jack for the main bearing overhaul.
 - Uniform one-cylinder camshaft pieces.
 - Slip-on fittings are used wherever possible.
 - Exhaust gas system insulation by using easy-to-remove panels on a frame that is mounted flexibly on the engine.
 - The three-piece connecting rod allows inspection of the big end bearing without removal of the piston, and piston overhaul without dismantling the big end bearing.

WÄRTSILÄ Engines

WÄRTSILÄ 46 MAIN TECHNICAL DATA

	Ship Power and Power Plant engines	Ship Power engines
Cylinder bore	460 mm	460 mm
Piston stroke	580 mm	580 mm
Cylinder output	975 kW/cyl	1050 kW/cyl
Engine speed	500, 514 rpm	500, 514 rpm
Mean effective pressure	24.3, 23.6 bar	25.4, 26.1 bar
Piston speed	9.7, 9.9 m/s	9.7, 9.9 m/s
Fuel specification:		
Fuel oil	730 cSt/50°C	
	7200 cSt/100°F	
	ISO 8217, category ISO-F-RM 55	

Data for Ship Power engines

Engine type	Rated power			
	500, 514 rpm		500, 514 rpm	
	975 kW/cyl		1050 kW/cyl	
	kW	HP	kW	HP
6L46	5 550	7 500	6 200	8 500
8L46	7 800	10 600	8 800	11 920
9L46	8 775	11 900	9 450	12 950
12V46	11 700	15 900	12 600	17 120
16V46	15 600	21 210	16 800	22 840

Dimensions (mm) and weights (tonnes)

Engine type	A*	A	B	C	D	F	Weight
6L46	7 680	8 290	3 340	2 830	3820	1 460	95
8L46	9 490	10 300	3 260/3 000 ¹⁾	3 180	3250	1 460	120
9L46	10 310	10 830	3 600	3 270	3820	1 460	137
12V46	10 250	10 210	3 680	3 810/4 500 ²⁾	3600	1 500	169
16V46	12 365/2 400 ²⁾	12 480/12 590 ²⁾	3 680/3 000 ¹⁾	4 500/5 200 ²⁾	3800	1 500	214

* Turbocharger at flywheel end. 1) Depending on output. 2) Depending on turbocharger and output.

Data for Power Plant engines

Technical data 60 Hz/500 rpm	Unit	12V46	16V46
------------------------------	------	-------	-------

Power, electrical	kW	11340	17076
-------------------	----	-------	-------

Heat rate	kJ/kWh	7692	7699
-----------	--------	------	------

Technical efficiency	%	46.9	46.9
----------------------	---	------	------

Technical data 60 Hz/514 rpm	Unit	12V46	16V46
------------------------------	------	-------	-------

Power, electrical	kW	11340	17076
-------------------	----	-------	-------

Heat rate	kJ/kWh	7692	7699
-----------	--------	------	------

Technical efficiency	%	46.9	46.9
----------------------	---	------	------

Dimensions and dry weight with generating set

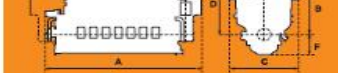
Length	mm	15400	18400
--------	----	-------	-------

Width	mm	5800	5980
-------	----	------	------

Height	mm	5700	5855
--------	----	------	------

Weight	tonne	265	358
--------	-------	-----	-----

Weights and electrical efficiency at generator terminals, including engine-driven pumps, ISO 3046 conditions and LHV, Turbine inlet 50%, Power factor 0.8.



13.2 Parámetros de funcionamiento de los grupos

Designación	Funcionamiento normal	Umbral de alarma	Inicio
Temperatura aceite entrada motor	65 °C	70 °C	80 °C
Presión de aceite entrada motor	4 bar	3 bar	2,5 bar
Nivel Carter de aceite	175 mm	398 mm - 87 mm	-
Temperatura de aceite entrada turbocompresor	90 °C	120 °C	-
Presión de aceite entrada turbocompresor	2 bar	1 bar	0,4 bar
Presión de combustible entrada motor	9 bar	4 bar	-
Presión Alimentar fuel	6 bar	4 bar	-
Temperatura agua BT entrada motor	40 °C	60 °C	-
Presión agua BT	3,1 bar	2 bar	1,5 bar
Temperatura agua AT salida motor	80 °C	100 °C	105 °C
Presión agua AT	3,5 bar	2,5 bar	1,5 bar
Temperatura de entrada de aire de sobrealimentación	50 °C	70 °C	80 °C
Presión de entrada de aire de sobrealimentación	2,2 bar	3,5 bar	
Presión de aire de arranque	30 bar	18 bar	
Presión de aire de los instrumentos	7 bar	5 bar - 8 bar	
Temperatura de camisa	-	160 °C	180 °C
Temperatura cojinete principal	-	100 °C	120 °C
Temperatura cojinete Alternador	-	90 °C	100 °C
Temperatura bobinas alternador	-	140 °C	150 °C
Vibración de torsión	-	0,7 mm	0,8 mm
Temperatura de escape cilindro	-	500 °C.	550 °C
Temperatura escape entrada/salida turbocompresor	-	580 °C / 430 °C	600 °C / 450 °C

13.3 Características del fuel exigidas para el suministro

La calidad del combustible afecta considerablemente el rendimiento del grupo Diesel, como puede tener efectos nocivos para su funcionamiento. Una mala calidad del fuel influirá negativamente, el desgaste, la duración de vida de los componentes del motor y los intervalos de mantenimiento. Por lo tanto, El fuel BIA entregado para la marcha de los motores debe tener las propiedades siguientes:

Parámetros	Valor límite
Viscosidad a 50 °C en cst	110 - 380 Max
Contenido de azufre % peso	0.75%
Punto de inflamación PM °C	70 min - 190 Max
Contenido de agua en % volumen	1,5 Max
Destilación: 50% de volumen °C	270 °C
Densidad a 15°C	0,975 Max
Cenizas % peso	0,03
Contenido de vanadio ppm	130 Max
Contenido de sodio + Potasio ppm	100 Max
Carbono Conradson % peso	12 Max
Asfaltos % peso	5 Max
Contenido de hidrógeno %	11 min
Contenido en calcio ppm	10 Max
Contenido de plomo ppm	1 Max
Contenido en magnesio ppm	16 Max
Contenido de níquel ppm	30 Max
Contenido de zinc ppm	2 Max
El contenido de silicio ppm	5 Max
Contenido en hierro ppm	8 Max

El combustible a entrada del sistema de inyección del motor debe tener las propiedades siguientes:

Características	Valor límite
Na	30 ppm
Si+Al	15 ppm
Agua	0,3%

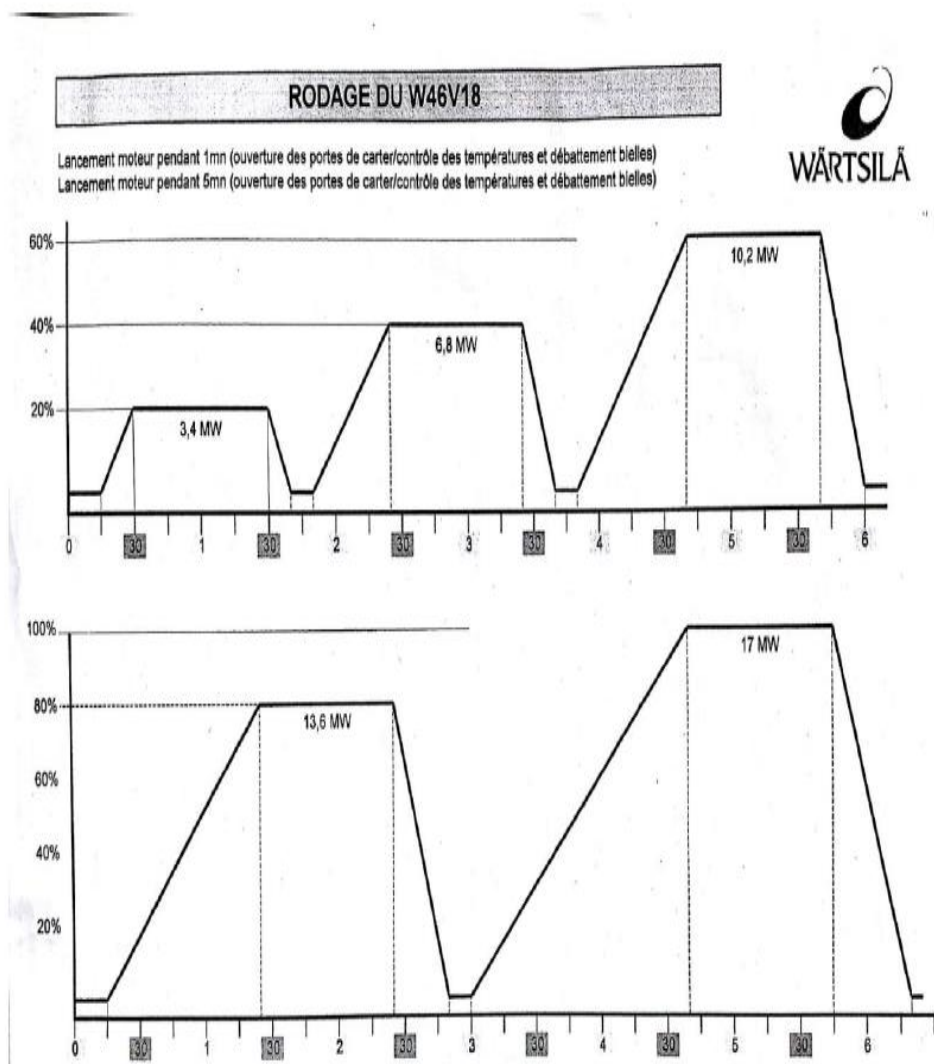
Los separadores del fuel se utilizan para garantizar estas características y eliminar las sustancias extrañas.

13.4 Características del aceite utilizado para la lubricación de los generadores diésel de la central de Tan-Tan.

El aceite utilizado para la lubricación de motores Diesel debe tener una buena estabilidad a la oxidación, una buena protección anticorrosión, una gran capacidad de neutralización de los ácidos producidos por la combustión y los residuos de oxidación, así como evitar la formación de depósitos sobre los elementos internos del motor.

Parámetros		Especificaciones
Densidad de 15 °C.		918 - 938
Viscosidad a 100 °C (mm ² /s)		13,3 - 14,7
Índice de viscosidad		95 min
TBN (mg KOH/g)		51,5 - 63,6
Punto de inflamación °C		230 min
Punto de fluidez °C		-12 Max
Elementos metálicos (Zn) %		0,039 - 0,048
Espuma ml	24 °C	100/0 Max
	93 °C	100/0 Max

13.5 Programa de rodaje



14. Bibliografía

- Colección de apuntes de la asignatura: Ingeniería Térmica. Curso 2019-2020.
- M.J. Moran et H.N. Shapiro. Fundamentos de termodinámica Técnica. Barcelona: Reverté, 1995.
- Yunus A. Cengel et Michael A. Boles. Termodinámica. México: McGraw-Hill, 2012.
- Stephen J et Chapman. Máquinas eléctricas. México: McGraw-hill: 2012.
- Tormos Martínez, Bernardo. Diagnóstico de motores Diesel mediante el análisis del aceite usado. Universidad politécnica de Valencia. Barcelona. 2005.
- Martínez Nodal, Pastora de la Concepción. Gestión integral de las aguas residuales
- W. Chase. NIST-JANAF Thermochemical Tables.
- Ralph E. et H. Sims. The Brilliance of Bioenergy: In Business and in Practice. 2002.
- Sjaak Van et Loo, Jaap. The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing. Koppejan (2008).
- Sébastien Declaye, Pierre Dewallef, Vincent Lemort. Techno-economic survey of Organic Rankine Cycle (ORC) systems. 2009.
- Ke-fa Cen, Yong Chi et Jianhua Yan. Challenges of Power Engineering and Environment. 2008.
- Turboden ORC plants for Industrial Heat Recovery par le constructeur Turboden.
- Manual del fabricante de la central Diésel de TAN-TAN
- Documentación Wartsila. De grupos 18V46.
- García Garrido, Santiago. La contratación del mantenimiento industrial: procesos de externalización, contratos y empresas de mantenimiento. Madrid, 2010
- Manual de mantenimiento para auxiliar Wartsila. P/07034.