

Planta de trigeneración de 33 MWe de potencia en la nueva Terminal 4 del aeropuerto internacional de Madrid-Barajas

Las actuaciones llevadas a cabo dentro del Plan Barajas, con la ampliación y reconversión de las infraestructuras existentes en el mayor aeropuerto de España, el tercero de Europa por número de pasajeros, han tenido importantes repercusiones en el modelo energético aplicado al mismo. AENA ha decidido apostar por un modelo de suministro energético descentralizado y de alta eficiencia incluyendo entre sus actuaciones la nueva central de trigeneración, diseñada, construida, y que está siendo explotada en régimen de concesión por la empresa Sampol Ingeniería y Obras, S.A.

The extension and renovation of the infrastructure at the Madrid Barajas Airport, the biggest in Spain and the third largest in Europe in passenger traffic, was inaugurated on February 5, 2006. Due to its size and distance from the earlier terminals, T4, as the extension is called, required its own energy facility. AENA, the Spanish Airport Authority, opted for a high-efficiency, decentralised energy model, including a trigeneration plant, designed and built by the company Sampol Ingeniería y Obras. This firm also holds the operating concession.

33-MWe Trigeneration Plant at the New Terminal 4 at Barajas Airport in Madrid

© InfoPower

Electricidad, calor y frío con seis motores duales como fuente primaria

Electricity, Heat and Cooling with Six Dual Fuel Engines as Prime Movers

La ampliación del Aeropuerto de Madrid/Barajas permitirá alcanzar un tráfico anual de 70 millones de pasajeros y elevar la capacidad del campo de vuelos hasta 120 operaciones a la hora. Todas las actuaciones se han orientado a dotar al aeropuerto de Madrid-Barajas de unas modernas instalaciones e infraestructuras, que permitan atender la demanda del tráfico aéreo dentro de los más altos niveles de seguridad y calidad requeridos. Para lograr estos objetivos, ha sido necesario dotar al aeropuerto de una Nueva Área Terminal (NAT), que consta de Nuevo Edificio Terminal (NET) y de un Edificio Satélite.

Con la construcción del Nuevo Área Terminal, la ya conocida T4 que fue inaugurada oficialmente el 5 de febrero de 2006, surge la necesidad de dotar a estas instalaciones de energía eléctrica y térmica para la climatización, y es por ello que se plantearon diferentes alternativas tecnológicas para cubrir la potencia eléctrica prevista de 27 MW, y la demanda térmica.

Las diferentes alternativas contempladas en el estudio inicial fueron:

- Instalación convencional (enfriadoras convencionales y central de emergencia de grupos diesel).
- Central de trigeneración con motores alternativos.
- Central de trigeneración con turbinas.

Tras un análisis técnico, económico y medioambiental se decidió apostar por la central de trigeneración con motores alternativos para garantizar el abastecimiento energético: producir energía eléctrica acoplada a la red general, y energía térmica frigorífica y calorífica, para la climatización de los edificios terminal y satélite en operación normal, y asegurar la demanda eléctrica en situaciones de emergencia, cuando exista fallo del suministro eléctrico de la red general.

The extension of the Barajas Airport in Madrid, comprising a New Terminal Building (NTB) and a Satellite Building, will enable this airport to accommodate a traffic of 70 million passengers a year and 120 flights per hour in accordance with the required safety and quality standards.

The NTB is a huge, luminous, high-tech structure with a surface area of 470,000 m² distributed on six levels. It comprises three blocks: checking, processing and loading dock. An automatic passenger transportation system links the NTB to the 280,000 m² Satellite Building, situated in the centre of the plane zone.

Different alternatives were considered to meet an expected power demand of 27 MW and to service the heating and air-conditioning systems under normal operating conditions and in case of a power failure of the grid.

- *Conventional facility (conventional coolers and diesel emergency gensets plants)*
- *Trigeneration plant with reciprocating engines*
- *Trigeneration plant with turbines.*

After a technical, financial and environmental analysis was performed, the trigeneration plant with reciprocating engines option was chosen.

Concurso para la central de trigeneración

Con el objeto de transferir a la empresa privada el diseño, la construcción, la financiación y la explotación de la central de trigeneración prevista para el nuevo edificio terminal, AENA decidió sacar a concurso la concesión de la central.

En julio de 2003, Sampol Ingeniería y Obras S.A. fue la adjudicataria de la licitación de AENA, para el proyecto, ejecución, y explotación durante 20 años de la Central Energética del Nuevo Área Terminal del Plan Barajas.

Esta central de trigeneración esta basada en seis grupos generadores con motores alternativos de combustible dual, gas natural/gasóleo, de 5.500 kW de potencia eléctrica unitaria. Cada grupo motogenerador lleva asociada una caldera de recuperación de gases de escape, y una máquina de absorción de simple efecto.

La disipación de la energía del circuito de refrigeración de baja temperatura de los motores y de los condensadores de las máquinas frigoríficas, se realiza por medio de torres de refrigeración abiertas.

Una batería de aerorrefrigeradores independientes asociados a cada grupo motogenerador asegura la disipación de la energía del circuito de refrigeración de alta temperatura de los motores, cuando requerido su funcionamiento (en situación de emergencia eléctrica), no exista demanda térmica de proceso.

La tensión de generación es de 6,6 kV y es elevada a 46 kV, en la subestaciones CE-1 y CE-2 de la ampliación del aeropuerto, por medio de cuatro transformadores conectados a barras de trigeneración. Un sistema de control distribuido supervisa y gestiona el funcionamiento de la planta.

El agua sobrecalentada y agua enfriada para la climatización es impulsada desde la central a los distintos circuitos del NAT, a 117 °C, y retorna a 80 °C. El agua enfriada es impulsada desde la central a 6,5 °C, y retorna 13,5 °C.

La instalación se completa con los equipos de proceso (intercambiadores, bombas, canalizaciones, tuberías, etc.), sistemas de combustible, refrigeración, ventilación, la planta de tratamiento de agua de proceso y las torres de refrigeración.

Las potencias nominales de la planta son:

Potencia eléctrica nominal33.000 kW_e
Potencia térmica nominal33.600 kW_t
Potencia frigorífica nominal38.000 kW_f

Como respaldo a las calderas de recuperación y a las máquinas de absorción, la central esta dotada de una caldera de auxiliar y de seis grupos frigoríficos centrífugos.

Ejecución de la obra

La ingeniería de detalle y la ejecución de la obra han sido realizadas íntegramente por Sampol Ingeniería y Obras, S.A.

El periodo de montaje y puesta en marcha fue un periodo muy reducido, 12 meses, exigencia esta de AENA para poder realizar todas las pruebas de integración con el Plan Barajas, antes de la puesta en operación comercial de la ampliación del aeropuerto.

La gran especialización de su personal, la experiencia en este tipo de proyectos unido a la flexibilidad de una empresa como Sampol han sido claves para poder desarrollar las tres fases del proyecto diseño, montaje, y operación dentro de los plazos y parámetros de calidad exigidos por AENA.

Las tareas de montaje mecánico de la planta han sido ejecutadas por las firmas Copisa y Mavisa.

La puesta en marcha definitiva y el inicio de la operación comercial fue en enero de 2005. La planta es operada y mantenida por el personal de Sampol Ingeniería y Obras, S.A.

A continuación se describen los diferentes sistemas de la central de trigeneración.



The winning bid

In July of 2003, after studying the bids submitted for the project, AENA commissioned Sampol Ingeniería y Obras, S.A., to design, build and operate on a twenty-year concession, the Energy Plant at the New Terminal Area at Barajas Airport.

The resulting plant design is based on six generating sets with 5,500 kW dual fuel (natural gas/gasoil reciprocating engines), with the following power outputs:

*Rated electricity output.....33,000 kW_e
Rated thermal energy..... 33,600 kW_t
Rated cooling energy..... 38,000 kW_c*

The assembly and commissioning stage was very short (twelve months), in compliance with a requirement imposed by AENA, so as to be able to carry out all of the trials necessary to ensure its integration with T4, before the scheduled date for commencement of commercial operation.

The companies Copisa and Mavisa carried out the mechanical assembly of the plant.

Commissioning was finalised and commercial operations began in January 2005. As mentioned, Sampol Ingeniería y Obras holds the operating concession for a period of twenty years, and is also in charge of plant maintenance.

The plant systems are described below.



GRUPOS MOTOGENERADORES

La planta está equipada con seis grupos motogeneradores Wartsila modelo 18V32DF, de combustible dual. El funcionamiento principal de este motor es con gas natural, utilizando el gasoil como combustible piloto. El motor también es capaz de funcionar en modo diesel únicamente, en caso de alguna deficiencia en el sistema de gas.

El motor 18V32DF es un motor de cuatro tiempos turboalimentado de alta eficiencia, con doble *intercooler* e inyección piloto de combustible. La velocidad de giro del motor es de 750 rpm, y dispone de 18 cilindros en V, siendo el diámetro de cada cilindro de 32 cm y su carrera de 35 cm. Su potencia en bornes del alternador es de 5.500 kW.

Cada motor lleva acoplado un alternador marca ABB, modelo AMG 09001, de 6.875 kVA, que genera a una tensión de 6,6 kV y a 50 Hz con un factor de potencia de 0,8.

Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración está diseñado para recuperar la mayor energía térmica posible; por tanto al mismo tiempo que se refrigera el grupo, se recupera la energía en cada circuito del motor hasta llegar a la última etapa de recuperación, donde se obtiene el agua sobrecalentada utilizada en el proceso termofrigrífico a partir de:

- El agua de refrigeración de camisas.
- El agua de refrigeración de la segunda etapa del aire de admisión.
- Recuperar el calor de los gases de escape.

Para cada grupo consta de:

- Un intercambiador de recuperación de calor del agua de camisas.
- Un intercambiador de recuperación de calor del agua de refrigeración de la segunda etapa de los turbocompresores.
- Una caldera de recuperación de la energía de los gases de escape.

Además, un sistema de refrigeración autónomo en cada grupo, permite la correcta refrigeración, independientemente de la demanda termofrigrífica del aeropuerto, permitiendo su funcionamiento en modo de emergencia.

Sistema de admisión de aire

Aire de refrigeración de salas de motores:

Cada una de las tres salas donde se ubican los motogeneradores, dispone de dos unidades de aire de entrada (una por motor), formadas por filtro, unidad evaporativa de enfriamiento y dos ventiladores axiales accionados por variador de velocidad. Con la unidad evaporativa se consiguen unas temperaturas de entrada entorno a 20 °C con una temperatura exterior de 35-40 °C.

Aire de admisión:

El aire necesario para la combustión de los motogeneradores se toma del exterior. Cada motor dispone de dos turbocompresores, cada uno de los cuales dispone de un conducto de aspiración que lo conecta a la unidad de entrada de aire, donde se ubican los filtros de aire de admisión, estas unidades están instaladas en la cubierta del edificio. Estos filtros, 12 en total, han sido suministrados por Leinolat. Son del modelo DL6 con un caudal de filtrado de G4.

Leinolat supplied twelve Model DL6 Charge Air Filter Units of a filtration rate of G4 to the reciprocating engines, to remove contaminants, often solid particulates like dust, pollen and mould, from the inlet air. Clean inlet air is essential to the endurance of the reciprocating engine.



GENERATING SETS

The plant is equipped with six Wärtsilä generating sets employing dual fuel engine model 18V32DF, burning gas as the main fuel and gasoil as the pilot fuel. The 18V32DF is a high-efficiency, turbo-charged, four-stroke engine with a double intercooler and pilot injection. Its output on the alternator terminals is 5,500 kW.

Each engine is coupled to a 6875 kVA ABB alternator, which generates a voltage of 6.6 kV at 50 Hz.

Cooling system

The cooling system is designed to optimise heat recovery from:

- the cylinder liner cooling water
- the second air-intake stage cooling water
- the flue gas heat recovery system

Air intake system

Two air-intake units (one per engine) are installed in each of the three rooms that house the motor generators. Each unit includes a filter, an evaporator cooler and two axial fans driven by a speed variator. With an outdoors temperature of 35-40° C, the evaporator cooler makes it possible to achieve an intake temperature of around 20° C.





Sistema de gases de escape

A la salida del turbo los gases de escape entran en el silencioso. Desde este punto, los gases pueden introducirse a la calderas de recuperación o enviarse al exterior en función de la posición de la válvula de tres vías, que regula la potencia de recuperación. El sistema de control regulará la posición de dicha válvula en función de las necesidades térmicas de la instalación.

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Grupos motogeneradores

Circuito de gas: tras dos etapas de reducción de presión, el gas sale de la unidad reguladora del motor, y es distribuido en este mediante un colector común, en el que van conectadas las electroválvulas de gas (una por cilindro), que son las que se encargan de introducir el gas en el motor.

El **sistema principal de gasoil** para el funcionamiento en modo diesel es convencional, con una bomba de inyección y un inyector por cilindro, accionados mecánicamente por el árbol de levas.

El **sistema de gasoil piloto** es de tipo *Common Rail*, con una única bomba de alta presión, que presuriza el gasoil a 900 bar, y lo envía a un colector común. Desde este colector el gasoil se distribuye a cada inyector a través de una tubería de doble pared con detector y alarma de fugas. Cada inyector dispone de dos agujas de inyección, una auxiliar para el gasoil piloto (controlada electrónicamente) y otra principal para el funcionamiento en modo diesel. El diseño del inyector permite manejar el pequeño caudal de gasoil piloto evitando oscilaciones cíclicas.

La característica dual de este motor, le hace ser muy interesante desde el punto de vista técnico, ya que el motor puede funcionar con dos combustibles distintos a la vez. Una de las características más destacable de este motor, junto con la facilidad de cambiar de modo de combustible, es su alta disponibilidad, ya que puede funcionar en modo diesel, o en modo gas/diesel, en ausencia de un suministro permanente de uno u otro combustible.

Infraestructura común

El gas natural es suministrado desde un gasoducto a una presión de 72 bar, esta presión se reduce en una primera etapa a 16 bar, y en una segunda etapa a 5 bar. El acondicionamiento del gas natural se realiza en una ERM de dos líneas, dotada de filtro, y de módulo de regulación y medida. Desde la ERM, el gas es conducido a las distintas rampas de gas de los motores, y a la caldera de respaldo.

El sistema de almacenamiento de gasóleo está formado por dos depósitos de doble pared, enterrados, de 80.000 litros cada uno. Desde una estación de transferencia, se impulsa el gasoil desde estos depósitos de almacenamiento a los dos depósitos de servicio diario, de una capacidad de 3.000 litros cada uno, que alimentan por gravedad al módulo de combustible de cada motor.

Lubricación

La firma FAMM, especialista en el suministro de lubricantes para motores de cogeneración, es la encargada de suministrar los lubricantes de los grupos motogeneradores, del virador, y del grupo electrógeno de emergencia.

Los productos para cada uno de estos equipos son respectivamente: Geotex LA40, Meropa 460 y Ursa Super TD 15W40.

Flue gas

The flue gas collected at the outlet of the turbocharger can be sent to the heat recovery boiler or released outside the plant in function of the position of the three-way valve that regulates the heat-recovery power. The control system regulates the position of the valve in function of the thermal demand.

Fuel System

The main fuel circuit comprises an injector pump and an injector, both mechanically driven. Each engine cylinder is fitted with an injector pump for the main fuel.

On the pilot fuel circuit, a single pump pressurises the gasoil to 900 bar and sends it to a common manifold which fuels all of the injectors.

Aside from its dual-fuel capability, one of the most outstanding features of the engine model installed is its high availability, enabling it to function in diesel or gas/diesel mode in the absence of a permanent supply of either of those fuels.

The natural gas supply comes from a gas pipeline at a pressure of 72 bar. This pressure is reduced to 16 bar in a first stage and subsequently to 5 bar in a two-line gas pressure regulating & flow metering station, equipped with a filter, and a regulating & metering module. From this point the gas is sent to the different engine fuel ramps and to the backup boiler.



SISTEMA DE AGUA SOBRECALENTADA

El sistema de sobrecalentamiento del agua esta formado en cada motor por: un intercambiador de recuperación de agua de camisas, un intercambiador de recuperación del agua de refrigeración de la segunda etapa de los turbocompresores, y una caldera de recuperación de la energía de los gases de escape, además, también hay instalada una caldera convencional con quemador mixto gas/gasóleo común a las seis calderas de recuperación.

El agua sobrecalentada a 117 °C se utiliza en los edificios del NAT, en las enfriadoras de absorción, y en los serpentines anti-penacho de las torres de refrigeración.



Calderas de recuperación

En la planta de trigeneración se han instalado seis calderas de recuperación marca Aalborg Industries, una por cada grupo generador, que trabajan a una presión de servicio de 6 bar. En estas calderas se sobrecalienta el agua hasta llegar a 117 °C.

Caldera convencional

La caldera convencional se utiliza como caldera de respaldo, teniendo como misión principal apoyar a las calderas de recuperación, en el ca-



so en el que la demanda de agua sobrecalentada fuera superior a la energía suministrada por las calderas de recuperación. Este caso podría darse como consecuencia de una punta de demanda.

Cerney ha suministrado esta caldera de agua sobrecalentada, modelo CEY-AG 9000/8, diseñada de acuerdo con la norma EN-12935 y siguiendo el modelo G según la Directiva 97/23/CE/RD 769/1999 sobre equipos a presión, utilizando como Organismo Notificado a Lloyd's Register España, S.A. para la obtención de la evaluación de conformidad.

Con una potencia térmica neta de 9.000 kW, y un rendimiento del 92%, la caldera está diseñada y construida con tres pasos de gases, hogar ondulado en su totalidad y cámara posterior refrigerada por agua.

Esta caldera está equipada con un quemador Weishaupt WKGL70/2-A ZMNR de la firma Sedical, con un rango de potencia de hasta 12.000 kW. Se trata de un quemador mixto fuel-oil o gas, en ejecución con reducción de NO_x. El quemador está equipado asimismo con control digital directo de la combustión WFM-100.

La baja carga térmica del hogar, y el quemador de bajo índice de NO_x, garantizan emisiones muy por debajo de la normativa medioambiental.

La caldera está equipada con elementos de detección primarios para regulación y alarma. Incorpora un cuadro eléctrico, dotado de salidas 4-20 mA con recopia para las señales de medida, y alarmas por contactos libres de tensión, para tomas de comunicación con el sistema de control de la planta.

Sistema de impulsión de agua sobrecalentada a NAT

El agua sobrecalentada en la central, es bombeada al NAT, a través de cuatro circuitos diferentes (facturador, procesador, dique y satélite), utilizando grupos de bombeo independientes en cada circuito.

Las bombas accionadas mediante motores eléctricos, son reguladas para adecuar la energía térmica demandada, a la energía térmica generada, de tal modo que la energía generada en la central, coincida con la demandada en NAT.



SUPERHEATED WATER

The superheated water system comprises the following for each engine: a heat exchanger for the cylinder-liner-water, a heat exchanger for the second turbo-compressor stage and a heat recovery boiler for the flue gas heat exchanger. A conventional boiler with a mixed gas/oil burner common to the six heat recovery boilers is also installed.

Six heat recovery boilers from Aalborg Industries are installed in the trigeneration plant, one for each generating set. The boilers operate at a pressure of 6 bar and superheat water up to 117° C.

A conventional boiler is installed for backup. Its main mission is to reinforce the heat recovery boilers when the superheated-water demand exceeds the normal output capacity.

The superheated water is pumped to the NT via four different circuits (check-in, processing, loading dock and satellite building), utilising separate pump sets for each circuit. The pumps are powered by electric motors and regulated to adjust the thermal output to demand.



SISTEMA DE AGUA ENFRIADA

El sistema de generación de agua enfriada consta de seis enfriadoras de absorción y seis enfriadoras centrífugas. En las enfriadoras de absorción el agua sobrecalentada procedente de las calderas de recuperación, es utilizada como fuente principal de energía, en el proceso de obtención de agua enfriada. Las enfriadoras centrífugas se utilizan como respaldo de las máquinas de absorción.

Enfriadoras por absorción

En la central se han instalado seis enfriadoras de absorción en sales bromuro de litio (LiBr), con una potencia de 3,3 MWf, simple efecto, instaladas en paralelo, marca Broad, modelo BDH 258N80, con capacidad para enfriar agua hasta 6,5 °C. Estas enfriadoras son distribuidas en España por la empresa Frigicoll.

La alimentación de agua sobrecalentada tiene lugar a 117 °C, con una temperatura de salida de 80 °C.

La refrigeración de estas máquinas se realiza mediante la torre de refrigeración.

Enfriadoras centrífugas

En la planta se han instalado seis enfriadoras centrífugas en paralelo con una capacidad de 3,5 MWf. Estas máquinas son de la marca Trane, modelo CVGF1000, y generan agua a 6,5 °C.

La tensión de alimentación al motor del compresor en cada máquina, es de 6,6 kV, que coincide con la tensión de salida de los alternadores de los grupos.

La refrigeración de estas máquinas se realiza mediante la torre de refrigeración.



Sistema de impulsión de agua enfriada a NAT

El agua enfriada en la central es impulsada al NAT a través de cuatro circuitos diferentes (factorador, procesador, dique, y satélite). Las bombas accionadas mediante motores eléctricos, son reguladas para adecuar la energía frigorífica demandada, a la energía frigorífica generada, de tal modo que la energía generada en la central, coincide con la demandada en el NAT. El agua es bombeada desde la central a una temperatura de 6,5 °C, y retorna a la central a 12,5 °C.



CHILLED WATER SYSTEM

Water is chilled by six absorption coolers and six centrifugal coolers. The superheated water released by the recovery boilers is the main energy source for the water-chilling process. The centrifugal coolers are used to back up the absorption machines.

Six single-stage absorption chillers with lithium bromide (LiBr) salt as absorbent are installed in parallel. These units are model BDH 258N80, built by the company Broad, of a power output of 3.3 MW, and an outlet temperature of 6.5° C. They have been supplied by Broad's Spanish dealer, Frigicoll.

Six centrifugal chillers, model CVG1000 from Trane, of an output of 3.5 MW and a chilled-water-generating capacity of 6.5° C, are also installed in parallel.

These machines are cooled through the cooling-tower closed-circuit system.

The water cooled in the plant is pumped to the NT via four different circuits: ticketing, processing, loading dock, and satellite building). The motor-driven pumps employed for this purpose are regulated to adjust the energy production to the demand in the NT.

The water is pumped from the plant at a temperature of 6.5° C and returns at 12.5° C.



SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración está formado: por el sistema de refrigeración de los motores, el sistema de refrigeración de las enfriadoras de absorción, y el sistema de refrigeración de las enfriadoras centrífugas.

Cada motor tiene una bomba que impulsa el agua procedente de las torres de refrigeración a 27,5 °C, para enfriar el agua del circuito refrigeración de baja temperatura del motor. Un grupo de bombeo independiente impulsa el agua de refrigeración a dos intercambiadores (uno ellos de reserva) para refrigerar el retorno del gasoil sobrante de los motores.

El sistema de refrigeración de las enfriadoras consta de un grupo de bombeo para las enfriadoras de absorción y de otro para las enfriadoras centrífugas, cada uno de los cuales impulsa el agua desde las torres de refrigeración hacia las enfriadoras correspondientes.

Torres de refrigeración

La refrigeración de la planta se realiza mediante un circuito cerrado con seis torres de refrigeración de tipo híbrido, instaladas en serie con una disposición *back to back*, suministro de Esindus. Las torres híbridas en serie son adecuadas para aplicaciones en las que exista la posibilidad de disponer de agua caliente alrededor de 100 °C o vapor en caudal suficiente.

La principal característica de este tipo de torres es que permiten evacuar las calorías necesarias evitando la formación de penacho. Esta característica hace que la implantación de este tipo de torre sea sumamente interesante en lugares donde se requiera no tener ningún tipo de impacto visual, como es el caso del aeropuerto. Las torres son de tiro natural, pero disponen de

electroventiladores que permiten forzar el tiro en caso de que sea necesario.

El principio de funcionamiento es sencillo y depende de las condiciones ambientales. En las condiciones en que el penacho es visible se abre el paso de agua caliente al serpentín situado por encima del plano de separadores de gotas. Este serpentín produce un aumento de la temperatura de salida del aire sin ganancia de humedad evita la formación total del penacho. El caudal de agua caliente/vapor de la sección seca se calcula para las condiciones de no penacho especificadas, habitualmente correspondientes a invierno.

Las torres se han ejecutado con paneles de cerramiento y virolas de poliéster en el color deseado, para conseguir una adecuada integración paisajística. Los materiales utilizados se han seleccionado por Esindus de acuerdo a las especificaciones del cliente y teniendo en cuenta el análisis del agua a refrigerar.

La balsa de las torres de refrigeración está dividida en dos, para aumentar la disponibilidad del sistema de refrigeración, ya que mientras que con una balsa se trabaja habitualmente, en la otra balsa pueden realizarse tareas de mantenimiento. Desde estas balsas el agua es bombeada nuevamente a los circuitos de refrigeración.

Sistema de aire comprimido

La central tiene dos sistemas de aire comprimido independientes, uno para arranque de los motores, y otro para instrumentación y control de todos los elementos accionados neumáticamente.

El sistema de aire de arranque de los motores, dispone de dos compresores alternativos (uno de reserva) instalados en paralelo, que suministran aire comprimido a 30 bar a seis botellas. La capacidad de almacenamiento de aire comprimido es de 12 m³. Cuando la presión de las botellas desciende del valor mínimo necesario para el arranque de los motores, uno de los compresores arranca, parando cuando se ha alcanzado la presión máxima de trabajo del sistema.

El sistema de aire de instrumentación y control, dispone de dos compresores de tornillo (uno de ellos de reserva) con secador, cada uno de los cuales tiene su propio depósito de almacenamiento.



COOLING SYSTEM

The cooling plant includes the engine cooling system, the absorption water-chiller cooling system and the centrifugal chiller cooling system. A closed circuit with six hybrid cooling towers, installed in series back to back, supplied by Esindus is employed. Hybrid towers installed in series are adequate for applications in which hot water of around 100° C or steam of a sufficient flow is available.

The main distinguishing feature of this type of tower is that heat can be evacuated at the necessary rate to prevent a plume from forming. This makes the towers especially advantageous in locations where no visual impact is acceptable, as is the case of airports.

These are natural draught towers but they are fitted with electric ventilators to force the draught if necessary.

The cooling-water basin is divided into two parts to increase the availability of the cooling system; since, while one basin is used for regular operation, the other can be used for maintenance functions. Water is pumped from these basins to the cooling circuits. Two of the six towers are arranged with anti-plume coils to impede the formation of a visible plume.



SISTEMA ELÉCTRICO

Alta tensión (46 kV)

Desde las celdas de 6,6 kV se eleva la tensión a 46 kV, por medio de cuatro transformadores de relación de transformación 6,6/46 kV, 18,75/25 MVA, dos principales y dos redundantes, marca Alkargo. Estos transformadores son trifásicos, en baño de aceite, con refrigeración ONAN/ONAF. Disponen de conmutador de tensión en el primario, accionable con tapa con el transformador desconectado.

Media tensión (6,6 kV)

Los grupos motogeneradores generan en 6,6 kV y conectan a un juego de celdas de dicha tensión. Se han instalado dos bloques de celdas Schneider independientes, conectando a cada bloque la mitad de los grupos. A su vez, cada uno de los bloques citados consta de dos grupos de celdas, conectadas en configuración de doble embarrado.



Desde las celdas de 6,6 kV se alimentan las cargas propias de la central de trigeneración, por

un lado los seis motores de las máquinas de refrigeración centrífugas y por otro lado la red de baja tensión de 400 V del edificio de la central de trigeneración, a través de seis transformadores auxiliares.

Baja tensión

Con el fin de aumentar la disponibilidad de todos los sistemas que necesitan estar alimentados eléctricamente, se ha desarrollado un sistema de alimentación en baja tensión. El sistema consiste en realidad de dos sistemas de baja tensión a 400 - 230 V física y eléctricamente independientes.

Las cargas en baja tensión se han repartido entre dos salas eléctricas independientes, de tal forma que en caso de fallo de una de las dos salas los equipos redundantes continúen alimentados.

Cada uno de los sistemas a 400-230 V consta de los siguientes elementos:

- Tres transformadores de servicios auxiliares marca Alkargo, de relación de transformación 6.600/400V, y de una potencia unitaria 2.000 kVA. Se trata de transformadores trifásicos secos encapsulados, con refrigeración natural por medio del aire ambiente. Son de construcción abierta, con grado de protección IP-00.
- Dos cuadros generales de baja tensión suministrados por Siemens.
- Un grupo electrógeno Caterpillar de emergencia de 225 kVA, 400 V y 50 Hz, suministrado por Baloworld Finanzauto.

El montaje del sistema eléctrico de la planta ha sido realizado por Sampol.



ELECTRICITY GENERATING SYSTEM

High voltage (46 kV)

Two main and two redundant transformers from Alkargo of a voltage ratio of 6/46 kV, and 25/75 kVA power are installed to raise the voltage from the 6,6 kV of the generating cells to 46 kV.

Medium voltage (6,6 kV)

The motor generating sets generate at 6,6 kV and are connected to a set of cells at that voltage. Two separate Schneider cell blocks are installed, with half of the generating sets connected to each block. Each block is in turn formed by two groups of cells, connected in a double winding configuration.

Low voltage

In order to increase the availability of all of the systems that need an electricity supply, two low-voltage systems at 400-230 V, located and wired separately, are installed.



Ficha técnica y de suministradores
de la central energética
de la T4 del aeropuerto de Barajas

Promotor y operador	Sampol
Ciente	AENA
Ingeniería	Sampol
Obra civil	Sampol
Montaje mecánico	Copisa, Mavisa
Montaje eléctrico	Sampol

Planta generadora

Motores	Wärtsilä
Alternadores	ABB
Silenciadores/Parallamas	JTK Power Oy

Admisión de aire:

Filtros	Leinolat
Ventiladores/impulsores	Miraco
Silenciadores	JTK Power Oy

Extracción de aire:

Ventiladores	Miraco
--------------------	--------

Puente grúa	Ausió
-------------------	-------

Recuperación de calor

Intercambiadores	Alfa Laval
Damper chimeneas	Auma
Calderas principales	Aalborg
Caldera auxiliar	Cerney
Quemador caldera auxiliar	Sedical
Torres de refrigeración	Esindus
Bombas	KSB
Válvulas y actuadores	Samson

Planta de frío

Máquinas de absorción	Broad (Frigicoll)
Máquinas centrífugas	Trane
Aislamiento	Wanner y Vinyas
Bombas	Sulzer/KSB
Válvulas y actuadores	Samson

Sistema eléctrico

Cabinas	Schneider
Transformadores	Alkargo
Grupo electrógeno de emergencia	Caterpillar

Sistema de monitorización y control	Genelek
---	---------

Sistemas auxiliares

Sistema de combustible:	
ERM de gas natural	Tartarini
Alimentación de gas natural a motores	RMG
Tanques de fuel oil	Lapesa
Bombas de fuel oil	Imo

Sistema de aire comprimido:

Aire de arranque	Sperre
Aire de instrumentación	Tamrotor

Suministros

Lubricación	FAMM
Productos químicos	GE Betz, Ashland



FOTO AENA

SISTEMA DE CONTROL

El sistema de monitorización y control de la planta ha sido desarrollado por Genelek, sobre la base de autómatas programables Siemens, integrando el sistema de control de los motores principales desarrollado por Wärtsilä, y otros sistemas de la central desarrollados por Sampil.

El sistema se encarga de realizar el control y coordinación de los equipos de recuperación térmica y de generación de agua caliente y agua fría. También realiza la coordinación de demanda de arranque de los seis grupos generadores en función de las necesidades de demanda térmica de calor y frío en la nueva terminal.

La planta se ha diseñado partiendo de criterios de alta disponibilidad y prácticamente todos los equipos y elementos son redundantes.

La topología de bus utilizada para la instalación está basada en un sistema redundante de PLCs que garantizan una operatividad permanente de la planta ante cualquier eventualidad.

Uno de los aspectos más reseñables de la instalación es el de la gestión y protección de la interconexión eléctrica con la red en dos puntos realmente distantes de la central de trigeneración como son las subestaciones CE1 y CE2. Para ello, se realiza una comunicación en fibra óptica monomodo y redundante mediante la cual se realiza la comunicación de señales críticas de ajuste de velocidad y de tensión para las funciones de resincronización de los grupos con red.

Además, se realiza todo el sistema de enclavamientos y seguridades del sistema eléctrico para una explotación segura de la planta.

Cada uno de los cuatro cuadros principales, suministrados por Genelek Sistemas, cuenta con dos autómatas programables redundantes. Incorporan periferia distribuida y sendas tarjetas de comunicación Ethernet redundante, que permiten realizar un intercambio de datos seguro entre todos ellos.

La monitorización, control y adquisición de datos del sistema se ha realizado así mismo sobre dos puestos redundantes, utilizándose para ello uno de los sistemas Scada más potentes del mercado. Un tercer ordenador almacena el histórico en una base de datos Industrial SQL para extraer, de un modo sencillo, informes que faciliten la explotación de la planta.

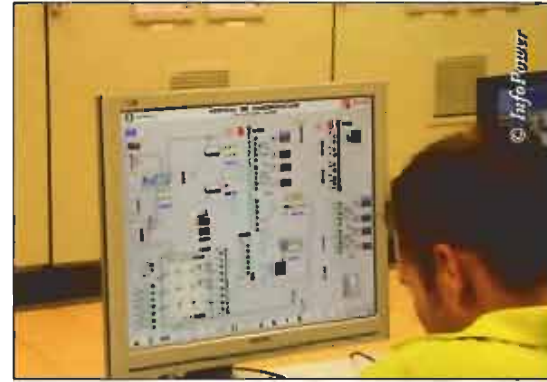
Además de todas las señales directamente cableadas en el sistema, Genelek Sistemas ha realizado la comunicación con los diferentes equipos de la planta:

- Variadores de velocidad de las bombas (Profibus).
- Multimodómetros de parámetros eléctricos (Profibus).
- Relés de protección de cabinas eléctricas de MT (Modbus).
- Enfriadoras de absorción (Profibus).
- Enfriadoras centrífugas (Modbus).
- Contadores de energía eléctrica (Modbus).

También se realizan comunicaciones con el sistema de monitorización de los motogeneradores mediante OPC sobre Ethernet.

En el sistema se ha integrado la programación de diversas tablas y contadores para facilitar la correcta explotación de la central de trigeneración.

El nivel de integración de equipos en el sistema de control es muy elevado y prácticamente todos los elementos de la planta están controlados y monitorizados de forma automática.



CONTROL SYSTEM

The plant's monitoring and control system was developed by Genelek. It is based on Siemens programmable automatic devices which integrate the main engine control system developed by Wärtsilä and other plant control systems, developed by Sampil. The system controls and coordinates the heat-recovery and hot and cold water generating systems. It also coordinates the start-up demand of the six generating sets in function of the heating and cooling demand in the new terminal.

The plant design was based on criteria of high availability. Therefore, practically all the equipment and elements installed are redundant.

One of the most noteworthy features of the installation is the management and protection arrangements for the interconnection with the power grid. This takes place at two locations, CE1 and CE2, in the trigeneration plant, which are very distant from each other. A redundant single-mode optic fibre communication line has been installed to send critical speed and voltage adjustment signals for the functions of re-synchronising the generating sets with the grid.

Two redundant PLCs are installed on each of the four main switchboards supplied by Genelek Sistemas. Each incorporates a distributed periphery and its respective redundant Ethernet communication card, enabling the system to exchange data securely among the different sections.

The monitoring, control and data acquisition system is installed on two redundant work stations, employing one of the most powerful Scada systems on the market. A third computer stores the historical records in an Industrial SQL data base to produce reports that facilitate operation.

