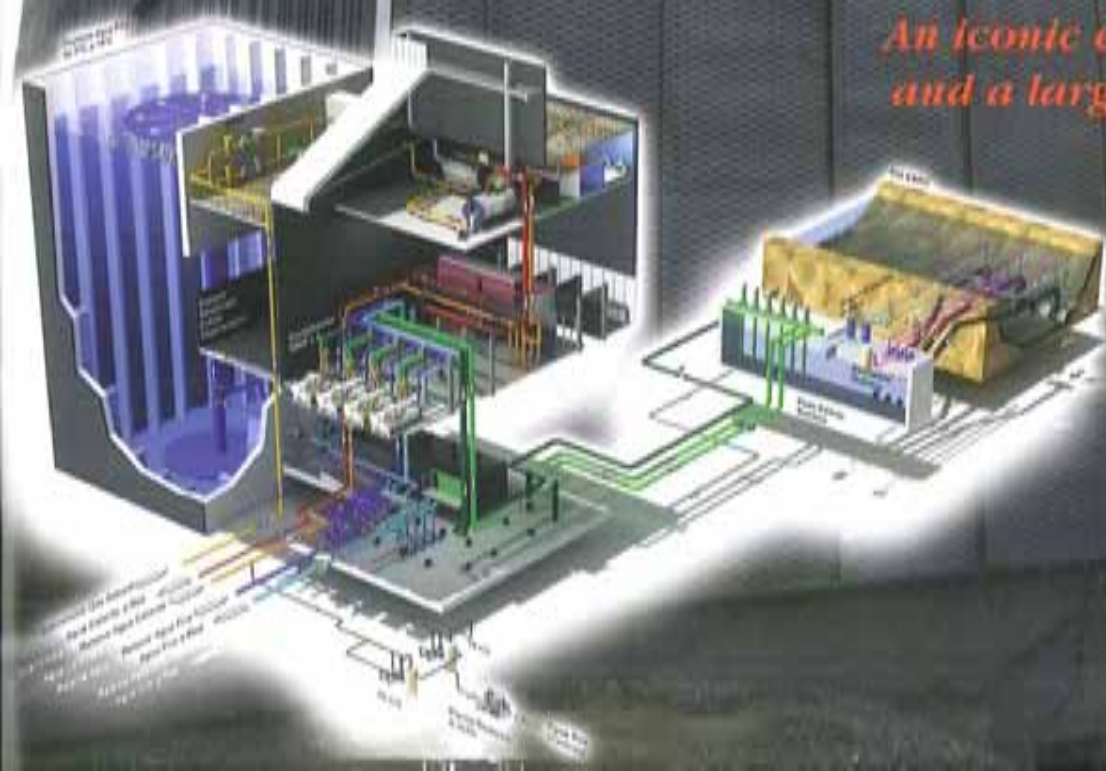


Instalación de DHC para la ExpoAgua Zaragoza 2008

Un proyecto energético emblemático y una actuación urbanística de gran magnitud

An iconic energy project and a large-scale urban development



Central para suministro de calor y frío a los pabellones y edificios del Recinto ExpoAgua Zaragoza 2008



Nieves Rodríguez Largacha
Districlima Zaragoza, S.L.

Juan Pérez Pineda
Axima Sistemas e Instalaciones, S.A.

La Feria Internacional ExpoAgua Zaragoza 2008 y la futura urbanización del meandro de Ranillas, han propiciado que los responsables de la organización decidieran dotar al recinto de un sistema centralizado de producción y distribución de calor y frío para la calefacción y la climatización de los edificios, (también llamado *District Heating & Cooling* o abreviadamente DHC).

Zaragoza se dispone a aprovechar esta oportunidad única y a adecuar la ciudad para la celebración del evento. Se ha proyectado la mejora de las infraestructuras públicas, no sólo para prestar el mejor servicio a los miles de visitantes, sino también con una clara visión de futuro y la voluntad de modernización de la capital aragonesa.

Siguiendo los ejemplos de varias ciudades europeas como París, Lisboa, Estocolmo, ó de EE.UU. ó de Japón, y también en España (veáse la central del Forum en Barcelona), el sistema de DHC de ExpoAgua Zaragoza 2008 puede generar y suministrar

District heating and cooling plant for buildings at ExpoZaragoza 2008

The International Expo Zaragoza 2008 (June 14- September 14, 2008) and the Ranillas Meander urban development project will be equipped with a district heating & cooling system (DHC) to supply practically all of the buildings related to the Expo, for a total 180,000 m² of built space.

The urban development project will continue after the event is concluded, however, to expand that space to 250,000 m², and the DHC system has been designed to extend the service to these new buildings as well. In addition, two connection points have been installed on the network to expand the service to the adjoining Actur and Delicias districts.

energía calorífica y frigorífica en forma de agua caliente y agua fría respectivamente.

La preocupación por la sostenibilidad y la eficiencia energética está latente en todo el ámbito del proyecto. Un sistema centralizado de calor y frío encaja a la perfección dentro de los objetivos de Expoagua, sociedad promotora del evento, cuyo lema es "Agua y Desarrollo Sostenible".

De esta forma, se optó por dotar a la zona de una red de calor y frío que suministre energía a la práctica totalidad de edificios que forman el recinto. Un total de 180.000 m² construidos, que en una fase posterior al evento se ampliarán a una superficie de 250.000 m². De hecho, el sistema se ha diseñado para poder ir extendiendo el servicio a los edificios que se vayan construyendo una vez finalizada la Expo y se han previsto dos puntos en la red que hacen la expansión a zonas colindantes totalmente viable: zona Actur y zona Delicias.

ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

En 2006 y tras el lanzamiento de un concurso público, Expoagua adjudicó a la empresa Districlima Zaragoza la construcción de una central de producción de energías que permite abastecer de calefacción, agua caliente y aire acondicionado a los 34 edificios que se han construido en el Meandro de Ranillas. Entre éstos, destacan la Torre del Agua, obra del arquitecto Enrique de Teresa Trilla; el pabellón-puente de la arquitecta de origen iraní Zaha Hadid; el palacio de Aragón, proyectado por Daniel Olano, y el pabellón de España, diseñado por Patxi Mangado, así como el resto de pabellones temáticos y de países, y el resto de áreas comunes y restaurantes. Además, se encargó a la sociedad la gestión y explotación del conjunto del sistema centralizado de calor y frío a través de una concesión a 35 años.

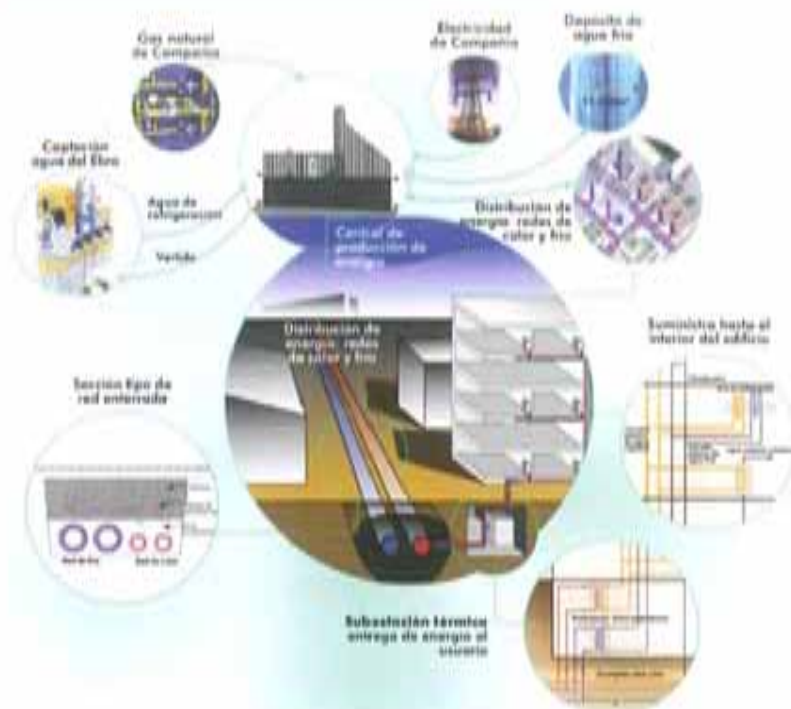
El accionariado de Districlima Zaragoza está formado por cinco socios: Elyo Ibérica y Suez Energy Services España, pertenecientes al grupo Suez, son socios mayoritarios y lideran el proyecto, con una participación del 60%. Las entidades financieras aragonesas Ibercaja (20%) y CAI (15%), y finalmente el IDAE (5%).

Para llevar a cabo el proyecto Districlima Zaragoza creó un Comité Ejecutivo, con representantes de Elyo, Ibercaja y CAI, que se reúne mensualmente para analizar la evolución del proyecto. Este Comité ha tenido una participación activa y positiva en el proyecto en todos los aspectos de su ámbito de actuación y se ha movido con agilidad cuando ha requerido decisiones de su órgano superior, el Consejo de Administración de Districlima Zaragoza.

Districlima Zaragoza firmó un contrato de prestación de servicios técnicos con Elyo Ibérica Servicios Energéticos que engloba trabajos desde la fase de oferta, estudios, seguimiento y gestión del proyecto así como la dirección facultativa y ejecutiva de la obra de la central de producción de frío y calor y de las subestaciones.

Paralelamente se firmó un contrato con la ingeniería AESA en dos fases: una primera fase para la realización del proyecto ejecutivo de la central de energía requerido por Expó, donde quedaron definidas e identificadas tanto la Fase Expó como la Fase Post-Expó en lo que a suministros se refiere. Esta primera fase abarcó desde la especificación de los sistemas mecánico, eléctrico y de control hasta su adjudicación. La segunda fase, menos extensa que la anterior, ha cubierto la asistencia en cuestiones

ELEMENTOS PRINCIPALES DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA



PROJECT ORGANISATION

In 2006, as a result of a process of public tendering, the organisers of Expo Zaragoza awarded the company Districlima the contract to build a power generating plant capable of supplying heating, hot water and air conditioning to the thirty-two buildings in the Meandro de Ranillas district in Zaragoza, built for the Expo.

The company Districlima Zaragoza is owned by five shareholders: Elyo Ibérica and Suez Energy Services España (60%), both pertaining to the Suez group; Ibercaja (20%), CAI (15%) and IDAE (Spain's Institute of Energy Efficiency and Diversification) (5%).

Districlima Zaragoza contracted the technical services of Elyo Ibérica Servicios Energéticos, consisting of preparing the tender, conducting the necessary studies, management of the design stage, and supervision and execution of the construction works of the plant and the substations.

The engineering firm AESA was contracted for two stages. The first was to draw up the construction specifications and drawings for the power plant.

de la ingeniería de detalle surgidas en el desarrollo del proyecto.

El sistema mecánico, adjudicado a Axima Sistemas e Instalaciones incluye los equipos principales: compresores frigoríficos, calderas de agua caliente, estratificador térmico, sistemas de bombeo, sistemas de presurización, sistema de gas natural así como todos los sistemas auxiliares propios de este sistema.

El sistema eléctrico de media y baja tensión, adjudicado a MAETEL, empresa aragonesa del grupo SEMI MAESSA incluye toda la apartamentada eléctrica a 6 kV y 15 kV, transformadores de potencia, equipos de medida y protección, así como todo el suministro del sistema de baja tensión requerido para el correcto funcionamiento de los equipos, incluyendo los centros de control de motores y variadores de velocidad.

El sistema de control, adjudicado a SIGE, incluye el cuadro de control con las tarjetas de entrada/salida para controlar remotamente el arranque/paro de los equipos disponibles en planta, realizar la regulación de válvulas y variadores así como la detección de alarmas de las protecciones eléctricas de la central. Además de estos suministros principales, existen muchos otros suministradores que han participado en la realización de esta instalación: sistema de insonorización y ventilación (Apling), sistema contra incendios (Parsi), etc.

SISTEMA ENERGÉTICO PLANTEADO

Para conseguir el objetivo de satisfacer las demandas térmicas (climatización y ACS) del conjunto de edificios del recinto de la ExpoAgua Zaragoza 2008, y teniendo presente la fiabilidad del suministro térmico así como también los criterios de eficiencia y ahorro energético, se diseñó un sistema centralizado de producción de agua fría y caliente dotado de una gran flexibilidad de operación para adaptar la generación a las necesidades energéticas y a sus variaciones con la mayor eficiencia y de una forma optimizada económicamente.

El sistema planteado está basado en los siguientes aspectos principales:

- Satisfacción de la demanda base de frío y calor mediante la utilización de unidades convencionales de compresión y calderas de agua caliente, respectivamente.
- Acumulación térmica.
- Aprovechamiento del agua de río para la condensación.
- Red de distribución a cuatro tubos mediante tubería preaislada.

Con la finalidad de garantizar la idoneidad del sistema planteado, se realizó una comparación técnico-económica con el sistema convencional de edificios (plantas enfriadoras y calderas).

La eficiencia de los equipos de producción de frío y calor mediante electricidad queda definida por el COP (*coefficient of performance*), que indica la relación entre el frío o calor obtenido y la electricidad consumida. Se ha considerado que los equipos utilizados en los edificios poseen un COP de 3,9 en tanto que los correspondientes al DHC alcanzan valores de 5 kWt/kWe. El rendimiento estacional de las calderas tanto de los edificios como del DHC es del 80%.

La utilización del sistema centralizado propuesto proporciona una reducción en

el consumo de energía primaria y una notable reducción de las emisiones a la atmósfera.

Adicionalmente, existen otras ventajas que hacen atractivo este tipo de sistemas. A continuación presentamos un resumen de las principales:

- Instalaciones más simples: se evita dotar a los edificios de las correspondientes instalaciones de producción de agua fría y caliente, lo cual significa: ahorro de espacio, eliminación de ruidos, mayor flexibilidad en el diseño arquitectónico (eliminación de torres de refrigeración), reducción de la potencia eléctrica necesaria, y reducción de los gastos de mantenimiento.
- La producción centralizada evita los picos de consumo, tiene una elevada fiabilidad y facilita la integración de sistemas de energías renovables y/o sistemas de ahorro energético tales como absorción o cogeneración.
- Menor impacto medioambiental: se eliminan de los edificios los fluidos refrigerantes, los riesgos de legionelosis y se disminuyen los impactos de ruido, vibraciones etc. La eliminación de equipos en las azoteas permite mejores diseños con el consiguiente aprovechamiento de las

Axioma Sistemas e Instalaciones was commissioned to supply and install the mechanical system including the main elements of equipment.

To achieve the objective of meeting the thermal demand of the group of buildings on the ExpoZaragoza 2008 grounds, including security of supply, and optimum energy efficiency, a centralised hot- and cold-water production plant was designed based on the following specifications:

- Meeting the base demand for cold and hot water by utilising compressor-based cooling machines and hot-water boilers
- Thermal accumulation
- Using river water for condensation
- A distribution network based on four-tube pipelines employing pre-insulated pipes.

The cold- and hot-water generating plants were calculated to be able to supply heating, air conditioning and hot water to the buildings to be built in the post-Expo construction stage (2008-2010), which, once completed will considerably raise the demand for these services.

mismas (mayor rentabilidad a la edificación) a la vez que se elimina el impacto visual.

- Menores costes: en base al aprovechamiento del factor de escala de un sistema centralizado (equipos con mejores rendimientos) así como la utilización de técnicas y de energías específicas (gestionado por profesionales) se obtienen unos costes de producción inferiores con lo que se puede ofrecer un servicio a un coste inferior al del sistema convencional. También, la sencillez de la facturación permite un mejor control de los costes de explotación.

DEMANDAS ENERGÉTICAS

La central de generación de agua fría y agua caliente se ha calculado para suministrar climatización y ACS a los edificios de la Fase Post-Expo (2008 - 2010), ya que las demandas de esta fase son superiores a las de la Fase Expo.

Dicho cálculo se ha basado en los valores de consumo estándares para los diferentes tipos de edificios, junto con consideraciones climatológicas, régimen de funcionamiento, criterios bioclimáticos, simultaneidad, y los resultados de diferentes estudios y proyectos.

La diferencia de potencias de calor y frío requeridas durante la Fase Expo y en los meses y años posteriores, hace necesario plantear dos fases en la ejecución de la central de energía. En la primera fase (Fase Expo) se debe garantizar el suministro térmico y frigorífico previsto para el evento. La instalación así concebida será suficiente para cubrir la demanda de los tres meses de la Expo y para los meses y años inmediatamente posteriores, hasta que el aumento de demandas y contratos suba los requerimientos hasta los máximos previstos. En esta situación final (Fase Post-Expo) la central de energía se habrá tenido que completar en concordancia con tales requerimientos.



SISTEMA DE DISTRICT HEATING & COOLING

El conjunto de las instalaciones se estructura en cinco grandes módulos: arquitectura del edificio DHC, producción, captación, distribución y suministro, que se adaptan, según el proyecto, a las características y posibilidades del entorno para minimizar los impactos ambientales y aprovechar las energías al alcance.

ARQUITECTURA DEL EDIFICIO DHC

La central de producción de frío y calor de ExpoAgua Zaragoza 2008 se ubica en un edificio singular de arquitectura vanguardista, concebido por el arquitecto Iñaki Alday. Con una superficie construida de más de 2.800 m² distribuidos en seis plantas, combina estética y funcionalidad permitiendo la visita de las instalaciones sin necesidad de interferir en su operativa. Su exterior, parcialmente recubierto de leds luminosos, puede convertir la fachada en una gigante pantalla multicolor sin más límites que los de la imaginación.

En el vértice norte del meandro de Ranillas se implantan dos edificios destinados a albergar instalaciones relacionadas con la generación y transformación de energía con un altísimo nivel de exigencia tanto técnica como urbana: forman buena parte de la fachada del Parque Metropolitano del Agua y son los primeros edificios en una de las entradas estratégicas de la ciudad.

Por un lado, la subestación transformadora (SET) es una de las subestaciones de perímetro urbano de nueva generación, que transforma de alta a media tensión (132 a 15 kV) para la zona noroeste de la ciudad, por el otro, el edificio que alberga la central de DHC.

El edificio de la central de energía (DHC) es una instalación que habitualmente se ubicaría en la periferia de la ciudad o en entornos industriales, y que en ámbitos como el Forum 2004 de Barcelona, adop-



DISTRICT HEATING & COOLING

The DHC plant project was structured in five large sub-projects: architectural design of the DHC building, production, water collection, distribution and supply. Each is adapted to the characteristics and possibilities of the surroundings, in order to minimise the environmental impact and make use of the available energy resources.

ARCHITECTURAL DESIGN OF THE DHC BUILDING

The heating, hot water and air conditioning plant at the Expo Zaragoza 2008 is installed in a building of a singular architectural design, conceived by the architect Iñaki Alday. The building, which combines aesthetics and functionality, has a built surface area of 2,800 m² distributed in six levels.

The initial decision to create a high-profile energy-generating building entailed a non-literal transparency of its content and function. It was, indeed, intended to be a building that the public could visit. It was therefore built to include an infrastructure of elevated passageways, which are colour-coded according to the type of energy produced in that zone, in contrast with the black used to designate the machinery rooms. Its exterior, partially covered with LEDs, becomes a giant multicoloured screen with unlimited display possibilities.

COLLECTING WATER FROM THE EBRO RIVER

The raw water is obtained directly from the Ebro River. It is treated in a single-passage open-loop cooling circuit. The water has two basic functions:

ta estrategias de ocultación. Sin embargo, se ha optado por no esconder la instalación: no es posible enterrarla debido a la inundabilidad del emplazamiento, a la vez que se manifiesta la voluntad de visibilidad y de dotarla de urbanidad.

Se han adoptado dos estrategias: disciplinarla dentro de la ordenación volumétrica general y hacerla comprensible mediante la posibilidad del acceso público y la expresión de su funcionamiento hacia el exterior.

La materialización

Los requisitos del DHC obligaron a la construcción en hormigón "in situ", tanto por cuestiones relativas a la seguridad, al aislamiento acústico y a las exigencias estructurales.

El depósito tiene unas dimensiones exteriores de 26,50x30 m de base y 18,9 m de altura semisoterrada, y una capacidad de 11.000 m³. Se ha resuelto con un muro de 1 m de espesor rigidizado por contrafuerzas interiores de 1,8 m de canto añadido.

Su rigidez y su armado pretenden garantizar la máxima estanqueidad del propio muro al que se sobrepone una impermeabilización a base de resinas epoxídicas. La base de la losa de cimentación se apoya apenas unos centímetros por encima del nivel freático habitual.

El edificio es de hormigón visto al interior y al exterior, con estructura de piel portante de 25 cm de espesor (20 en el último nivel). Las exigencias estructurales son extremadamente elevadas también en la zona de maquinaria. En planta segunda se ubica la sala de calderas, con un peso de 60 t cada una.



Originalmente se preveía tinter en masa todo el hormigón del edificio. Problemas logísticos para garantizar el suministro de importantes volúmenes de hormigón obligaron a reconsiderar la intención inicial y aplicar un tintado superficial a posteriori, mediante veladuras de silicato de la casa Keim, tanto al interior como al exterior. El acabado exterior se resolvió con una fuerte textura grecada que deja en segundo plano e irrelevantes los despieces de los encofrados y los accidentes que conllevan (latiguillos, trepas, etc.). La textura combina, de forma aparentemente aleatoria, el relieve de 4 chapas grecadas de diferentes interejos y profundidades, si bien en obra el contratista prefirió reproducirlas en madera. El color negro matiza los contrastes de luz y sombra y hace más compleja y cambiante la textura final.

La cubierta ligera y explosionable de la sala de calderas se resolvió mediante planchas de policarbonato ondulado. Debajo de cada onda se coloca un carril de leds RGB controlados individualmente por un sistema "lighting control" que permite generar imágenes. Esta gran pantalla para la proyección de imágenes (20x20 m) se completa con otra pantalla a ras de suelo de 4 m de altura y unos 30 de longitud, de las mismas características.

Las aberturas de las salas de motores y de enfriadoras se cierran con unos paneles acústicos al interior, desmontables para entrada y salida de las máquinas, y un acabado de policarbonato que prolonga la pantalla de comunicación a la altura del peatón. El resto de aberturas del edificio DHC, de ventilación, al igual que las aberturas de la SET, se cierran mediante malla de metal estirado.

La comunicación

La decisión inicial de visibilidad del edificio de energía conlleva una voluntad de transparencia no literal de su contenido y

funcionamiento. Así, se prevé visitable, para lo que se ha previsto una infraestructura específica de recorridos en altito, definidos por un criterio de color según el tipo de energía, en contraste con el negro de las salas de maquinaria. La complejidad del funcionamiento del DHC en cuanto a las tres generaciones (frío, calor y electricidad) y la variación de proporciones entre las tres a lo largo del día y de las estaciones, se puede explicar mediante la variación de las imágenes digitales que se proyectan al exterior en la



- To supply the four 5-MW compressor-based cooling machines
- To supply the absorption machines and gas engines to be installed in the post-Expo (2011-2013) stage.

COLD- AND HOT- WATER PRODUCTION

Although the complete project contemplates the production of cold and hot water employing a trigeneration system, this system will not be implemented until the post-Expo stage, when the real energy demand justifies such a facility.

Axtma Sistemas e Instalaciones performed the detail engineering and supplied, installed and commissioned the

gran pantalla de policarbonato de la fachada a la avenida.

El ordenador central de gestión de la central informa al software de las producciones en marcha, que se traduce a señales de video. El edificio original de hormigón se convierte en transparente por procedimientos digitales, no materiales, con sus contenidos en video formando parte del programa de intervenciones artísticas de Expo. Por la noche, el edificio negro desaparece y las imágenes de la obra de arte adquieren su autonomía flotando entre los árboles del Parque del Agua.

CAPTACIÓN DEL RÍO EBRO

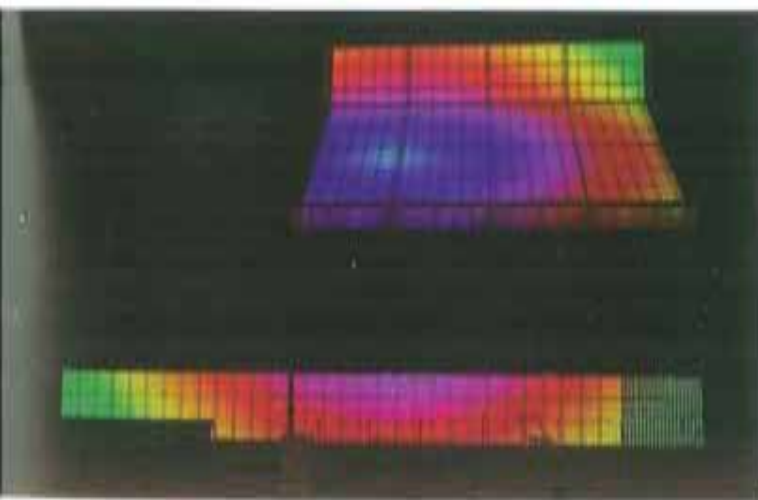
Se trata de un circuito de refrigeración abierto a un solo paso. Hay dos usos básicos del agua del Ebro

- Compresores frigoríficos: cuatro compresores de 5 MW cada uno.
- Máquinas de absorción y motores de gas: estos equipos se instalarán en la fase post-Expo (2011-2013).

El agua bruta se obtiene directamente del río Ebro a su paso por el Meandro Ranillas. En el río se han colocado tres filtros Quilton que tienen una malla de paso de 1 mm para eliminación de los sólidos más gruesos en la zona de captación.

Los filtros van provistos de un sistema de limpieza mediante la inyección de aire comprimido.

Desde estos filtros, a través de tres tuberías DN800 de fundición dúctil el agua se dirige por gravedad hacia un pozo de bombeo que hay a unos 70 m del río. Desde este pozo el agua se bombea hacia la central de energía a través de dos tuberías DN 600 de fundición dúctil.



SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE

Aunque el proyecto global prevé la producción de frío y calor en base a un sistema de trigeneración, este sistema no se ha implementado todavía y se prevé su realización en fase Post-Expo, cuando las demandas energéticas reales justifiquen su implementación.

Durante todo el proceso de desarrollo y construcción de esta instalación se han mantenido los criterios impuestos por la propia utilización del sistema y que enumeramos a continuación, así como la calidad del servicio del suministrador, la cual cobra especial relevancia en equipos de este tipo.

- Suministro de frío y de calor durante todo el año sin discontinuidad.
- Elección de equipos y materiales de calidad reconocida y probada.
- Rendimientos energéticos elevados.
- Explotación y mantenimiento sencillo.
- Una operación sin presencia permanente, ya que sólo se prevé presencia del personal de explotación en horarios laborales.

La planta construida se ha dimensionado para poder disponer, de las siguientes prestaciones:

- Capacidad de producción de agua fría a 4 °C. Mediante un conjunto de cuatro compresores centrífugos, con una potencia total de 20.000 kW.
- Capacidad de producción de agua caliente a 90 °C. Mediante dos calderas a gas natural, con una potencia conjunta de 15.000 kW.



Las instalaciones, objeto de este proyecto, permitirán alcanzar las prestaciones del que se define como escenario Expo.

Axima Sistemas e Instalaciones ha realizado la ingeniería de detalle y ejecutado el suministro, montaje y puesta en marcha de la instalación mecánica de la central de producción de agua caliente y agua fría (para distribución en red y uso en edificios terminales para calefacción, agua caliente sanitaria y climatización respectivamente), así como la instalación de refrigeración de las máquinas frigoríficas a partir de agua del río Ebro.

Sistema de generación de frío

El sistema de generación de agua fría consta de cuatro máquinas de compresión

equipment in the hot and cold water production plant. The same firm also installed the cooling machines, which employ water from the Ebro River.

This system consists of four centrifugal compressors from Carrier, connected in parallel to the cold water generating circuit. The compressors produce cold water at 4 °C from water initially at around 12 °C. Each compressor has a cooling power of 4,917 kW and a COP at 100% of load of 5,39. The machines employ R-134A refrigerant.

COLD WATER ACCUMULATOR TANK

The cold-water generating system includes an 11,000-m³ capacity cold-water accumulator tank that functions according to the natural stratification principle.



de tipo centrífugo, conectadas en paralelo al circuito de generación de agua fría.

Las máquinas frigoríficas producen agua fría a 4 °C a partir de agua a unos 12 °C. Se han usado equipos Carrier modelo 19XR8787 596 EPH 55. Estos equipos tienen una potencia frigorífica unitaria de 4.917 kW, un COP al 100% de la carga de 5,39, y usan refrigerante R-134a.

Cada uno de los compresores tiene una potencia eléctrica de 913 kW y se alimenta a 50 Hz y 6,3 kV.

El caudal de agua a enfriar, que circula por cada una de las máquinas, es variable en función de la temperatura de retorno (temperatura máxima de retorno 14 °C), hasta un mínimo del 33% del caudal nominal, con objeto de ajustar al mínimo el consumo de energía de bombeo.

Tanque de acumulación de agua fría

El sistema de generación de agua fría, también incluye un tanque de acumulación de agua fría de 11.000 m³ de capacidad. Axima Sistemas e Instalaciones ha realizado el proyecto constructivo y ha realizado *in situ* el difusor estratificador de grandes dimensiones de que dispone el depósito de acumulación de agua fría, que funciona de acuerdo con el principio de estratificación natural.

El depósito está construido en hormigón y cuenta con instrumentación para medición de temperaturas y de nivel. Se controla mediante una pantalla específica en la sala de control.

Sistema de bombeo

El grupo de bombas de este sistema, impulsa el agua procedente del retorno del sistema de distribución de agua fría, y en su caso, mezclada con el agua procedente del tanque de acumulación, hacia las máquinas frigoríficas.

Este grupo de bombeo está compuesto por cinco bombas KSB Itur, modelo IN-250/300, una de las cuales actúa de reserva. Son de tipo centrífugo horizontal, con una caudal de 645 m³/h y 18 mca. Trabajan a una velocidad de 1.450 rpm. Tienen una potencia eléctrica de 55 kW y se alimentan a 400 V y 50 Hz. Su grado de protección es IP 55.

El agua, tras enfriarse en las máquinas frigoríficas, se conduce hacia los grupos de bombas de circulación del sistema de distribución, o hacia el tanque de acumulación de agua fría.

Este grupo de bombeo está compuesto por cuatro bombas KSB Itur, modelo IN-250/500, una de las cuales actúa de reserva. Son de tipo centrífugo horizontal, con una caudal de 900 m³/h y 90 mca. Trabajan a una velocidad de 1.450 rpm. Tienen una potencia eléctrica de 315 kW y se alimentan a 400 V y 50 Hz. Su grado de protección es IP 55.

El sistema se completa con el conjunto de tuberías, válvulas, filtros e instrumentación de medida y regulación necesarias.

Sistema de generación de calor

El sistema de generación de agua caliente consta de dos calderas convencionales a gas natural, conectadas en paralelo al circuito de generación de agua caliente. Ambas calderas han sido suministradas por la firma Ygnis.

Las calderas consumen gas natural que se toma de la red de distribución y se filtra, se regula y se mide para el uso específico



Pumps

The pump plant installed for this system sends the water from the cold water distribution system return line, if necessary, water mixed with that of the accumulator tank, to the cooling machines. The pump plant comprises five KSB Itur pumps, one of which is on standby.

The water, once cooled in the cooling machines, is sent to the circulating pumps in the distribution system, or to the cold-water accumulator tank. The pump plant comprises four KSB Itur pumps, one of which is on standby.

HEAT-GENERATING SYSTEM

The hot-water generating system is formed by two conventional natural-gas

de estas calderas y en previsión de la futura ampliación Post-Expo. La instalación de gas ha sido realizada por la firma Indutherm.

La caldera 1 se corresponde con el modelo YGNIS TOTALTUB ST 9300, y cuenta con una potencia calorífica de 10.000 kW, con un rendimiento estacional del 95,5%.

Trabaja con un caudal de agua de 290 m³/h, con una temperatura de entrada y salida de la misma de 60 °C y 90 °C respectivamente, siendo la temperatura máxima del agua de 110 °C. Su presión de trabajo es de 4 bar.

La salida de humos se produce a una temperatura de 188 °C, con un caudal (20% de exceso de aire) de 4.795 kg/s. El contenido en CO₂ de estos humos es del 9,6%.

La caldera 2 se corresponde con el modelo Ygnis Pyronox LRR 55, y cuenta con una potencia calorífica de 5.400 kW, con un rendimiento estacional del 95,3%.

Trabaja con un caudal de agua de 145 m³/h, con una temperatura de entrada y salida de la misma de 60 °C y 90 °C respectivamente, siendo la temperatura máxima del agua de 110 °C. Su presión de trabajo es de 4 bar.

La salida de humos se produce a una temperatura de 188 °C, con un caudal de 2,46 kg/s. El contenido en CO₂ de estos humos es del 10%.

Ambas calderas están equipadas con quemadores Monarch-Weishaupt suministrados por Sedical.

Sistema de bombeo

El grupo de bombas de este sistema, impulsa el agua procedente del retorno del sistema de distribución de agua caliente hacia las calderas.

Este grupo de bombeo está compuesto por tres bombas KSB Itur, modelo IN-150/200B, una de las cuales actúa de reserva. Son de tipo centrífugo horizontal, con una caudal de 261 m³/h y 9,06 mca. Trabajan a una velocidad de 1.450 rpm. Tienen una potencia eléctrica de 11 kW y se alimentan a 400 V y 50 Hz. Su grado de protección es IP 55.

El agua, tras calentarse en las calderas, se conduce hacia los grupos de bombas de circulación del sistema de distribución de agua caliente.



Este grupo de bombeo está compuesto por tres bombas KSB Itur, modelo IN-150/200B, una de las cuales actúa de reserva. Son de tipo centrífugo horizontal, con una caudal de 260 m³/h y 90 mca. Trabajan a una velocidad de 1.450 rpm. Tienen una potencia eléctrica de 132 kW y se alimentan a 400 V y 50 Hz. Su grado de protección es IP 55.

El sistema se completa con el conjunto de tuberías, válvulas e instrumentación de medida y regulación necesarias.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE EQUIPOS

Este sistema permite la refrigeración de los grupos de frío mediante el uso directo de agua del río Ebro, que es captada, filtrada, tratada y bombeada a la central en caudal suficiente para disipar la energía nominal; con una temperatura máxima de agua a la entrada de la máquina de 28 °C, y una temperatura de salida de la misma de 33 °C.

El caudal de agua que circula por cada una de las máquinas en operación es variable con objeto de asegurar las condiciones de refrigeración de las máquinas y minimizar los consumos energéticos.

El sistema se completa con el conjunto de tuberías, válvulas, filtros e instrumentación de medida y regulación necesarios.

Sistema de limpieza del condensador

El uso directo de agua de río ha obligado a dotar al sistema de refrigeración de un sistema de limpieza en continuo que impide el ensuciamiento de los condensadores



de los compresores de frío, así como efectuar un tratamiento de superficie específico a las cajas de entrada/salida de los condensadores de los grupos de frío.

Se ha dotado a la central de dos sistemas de limpieza de los condensadores marca SAMI para su aplicación a los cuatro grupos de frío.

SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y CALIENTE

Al sistema de producción de agua fría y caliente se le ha dotado de ambos grupos de bombeo que se encargan de mantener la presión diferencial a la entrada de los edificios consumidores, que garantice el caudal de agua necesario a todos los usuarios del sistema.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE PRESIÓN

Tanto el circuito de agua fría como el de agua caliente son dos circuitos cerrados por lo que se les ha dotado de un sistema de expansión por desplazamiento de masa. Este se encarga de absorber las grandes variaciones de volumen del agua de los circui-

fuelled boilers, of 5,400 kW and 10,000 kW of heating power, respectively, connected to the hot-water generating system. Both boilers were supplied by the firm Ygnis and both are equipped with burners supplied by Sedical.

PUMPS

The pump plant installed for this system sends the water from the return line of the hot-water distribution system to the boilers. The plant is composed of three KSB Itur pumps, one on standby.

The water, after being heated in the boilers, is sent to the circulating pumps in the hot-water distribution system. This pump plant is composed of three KSB Itur pumps, one on standby.

EQUIPMENT COOLING SYSTEM

The equipment requiring cooling is cooled directly with water from the Ebro River, which is collected, filtered, treated and pumped to a plant of a sufficient flow to dissipate the nominal thermal energy. The maximum temperature of the water is 28 °C at the intake and 33 °C at the machines to be cooled.



tos que se producen durante el proceso de puesta a régimen de los mismos.

Por otra parte se han previsto tanques de expansión convencionales con nitrógeno, de dimensiones razonables, con objeto de amortiguar los pequeños cambios de volumen debido a las variaciones de temperatura que se producen durante el funcionamiento a régimen nominal.

SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

Este sistema permite generar y distribuir aire comprimido para los equipos que lo requieren empleándose también como aire de limpieza.

El sistema está formado por dos electrocompresores de tipo alternativo, con una capacidad de 70 Nm³/h, que proporcionan aire a una presión de 7,5 barg y a una temperatura máxima de 60 °C. Además se han dispuesto los correspondientes filtros y secadores de aire. El sistema se completa con los depósitos de acumulación y sistema de tuberías de distribución, válvulas e instrumentación de medida y regulación necesarias.



RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

La distribución de las energías se realiza por redes enterradas, tanto de calor como de frío, formando circuitos cerrados (ida y retorno) entre la central y las subestaciones de los usuarios.

La red de distribución de agua fría y caliente es un sistema a cuatro tubos, que utiliza tubería preaislada y está dotada de un sistema de detección de fugas de gran precisión. Los saltos térmicos ($\Delta T = 8,5$ °C en frío y $\Delta T = 30$ °C en calor) se han seleccionado para que, garantizando el correcto funcionamiento del sistema, permita mover un menor caudal con la consecuente reducción de las dimensiones de la red y los costes de explotación.

El cálculo de los diámetros de la red de frío y calor ha sido realizado por Districtima, y el proyecto de ejecución ha sido realizado por una UTE compuesta por Acsa, Vialux y Axima.

Está formada por los siguientes componentes básicos:

- Cuatro tuberías, dos de impulsión y dos de retorno. La longitud total de la red es de 4,7 km.
- Valvulería y accesorios.
- Sistema de detección de fugas.
- Cables de comunicación por tritubo.

Características técnicas de la red

La energía térmica generada en la planta se distribuye mediante una red a cuatro tubos de tubería preaislada hacia cada uno de los edificios conectados al sistema. En cada uno de los edificios ha sido necesaria la instalación de unidades de intercambio (subestaciones térmicas) para el aprovechamiento de la energía suministrada a través de la red de distribución.

Las cuatro tuberías se han colocado una junto a otra, con la siguiente disposición:



las tuberías exteriores son las de impulsión de agua fría y caliente y en la parte central se han colocado las de retorno, de manera que queden una junto a otra: impulsión y retorno de agua fría e impulsión y retorno de agua caliente.

El sistema permite garantizar unas temperaturas mínimas en el primario de las subestaciones a 90 °C en la red de calor y de 5,5 °C en la red de frío.

Dadas las características, extensión y tipología de la urbanización, se ha seleccionado para las redes de DHC, la tubería de la clase preaislada, por las ventajas de dichas conducciones frente a tuberías aisladas en obra por el método tradicional:

- Mínimas pérdidas térmicas.
- Rapidez de montaje (menor mano de obra).
- Larga vida útil y mínimo mantenimiento.
- Menor obra civil (tubería enterrada directamente).

The plant is equipped with two SAMI condenser cleaning systems, for the four cooling plants.

COMPRESSED AIR

This system is formed by two SAMI rotary electric compressors, of a capacity of 70 Nm³/h. Air is supplied at a pressure of 7,5 barg and a maximum temperature of 60 °C.

POWER DISTRIBUTION NETWORK

The thermal energy generated in the plant is distributed through a network of four-tube pre-insulated pipelines to each of the buildings connected to the system. Heat exchanger plants (thermal substations) are installed in each of the buildings to transfer that energy to the consumer equipment.

The system is built to ensure minimum temperatures in the primary circuit of the substations of 90 °C in the hot-water network and 5,5 °C in the cold-water network.

The pipes are factory pre-insulated and purpose-designed to convey hot or cold liquids over long distances with a minimum thermal loss. They are enclosed in a rigid polyethylene casing that provides the necessary mechanical protection to be able to lay them underground with no additional protection and without tunnels and maintenance manholes.

Se trata de un sistema de tubos preaislados en fábrica, diseñado específicamente para el transporte de fluidos calientes o fríos a distancia, reduciendo al mínimo las pérdidas térmicas; van provistos de una carcasa exterior de polietileno rígido que proporciona la protección mecánica necesaria para poder ser enterrados directamente en el terreno, no siendo necesaria la construcción de canaletas registrables.

Sistema de detección de fugas

La red de distribución incluye un sistema de detección de humedad dentro del aislamiento de las tuberías con cuadros de control, tanto local, como remoto en la central. La localización de humedad o de disfuncionamiento se realiza mediante indicación lineal en metros. Los cables de detección de fugas se sacan cada 300 m hacia la arqueta de tritubo más próxima donde se puedan realizar las pruebas de continuidad y resistencia de los cables de detección de fugas.

Tubos de comunicación y cableado

El tritubo de comunicación va instalado dentro de la zanja, por encima de las tuberías. El cable está formado por dos polifibras de cuatro canales, apantallado por canalización enterrada existente desde central térmica hasta la entrada de cada una de las subestaciones.

Limpieza mecánica y química

Se ha realizado un lavado mecánico mediante el paso de foams pig propulsados por aire.

La limpieza química tiene por objeto impedir cualquier proceso de corrosión durante el periodo previo a la puesta en servicio de las instalaciones. Se ha realizado una limpieza de restos de mecanizado introducidos durante la fase de construcción y un acondicionamiento de las superficies metálicas.



SUBESTACIONES DE SUMINISTRO DE CALOR Y FRÍO

En cada uno de los edificios existe un canal de transferencia de energía (calor y frío) entre el sistema de distribución y el usuario final.

Estas instalaciones, denominadas subestaciones térmicas, están formadas básicamente por intercambiadores de calor de placas agua/agua, sistema de medición de energía para la facturación del servicio y sistema de regulación y control, soportes y aislamiento. En el proyecto de Zaragoza las subestaciones térmicas forman parte del alcance de suministro del concesionario.

Por el primario de dichas unidades circula el agua proveniente de la central de DHC que transfiere la energía necesaria al secundario (circuito propio del edificio) para satisfacer todas sus demandas.

En lo que respecta al equipamiento de las subestaciones de los diferentes edificios, la firma Alfa-Laval ha realizado el suministro de todos los intercambiadores de frío y calor, la mayoría correspondientes a la serie TL10-BFG.

La firma Samson ha suministrado todas las válvulas de regulación de potencia, Multiutility Services ha suministrado todas las válvulas de presión diferencial marca Danfoss, y se ha constituido una UTE entre las empresas Mantenimientos Akysa e ICLSA para el suministro y montaje mecánico y eléctrico e instrumentación respectivamente de todas las subestaciones térmicas de los edificios del recinto Expo.

El régimen de temperaturas en las subestaciones es el siguiente:

Calor: las temperaturas nominales en base a las cuales se dimensionan las redes y los equipos de la central de producción son de 90 °C para la entrada en el primario de las subestaciones, y de 60 °C para la salida del primario de las subestaciones,

Frío: las temperaturas nominales en base a las cuales se dimensionan las redes y los equipos de la central de producción son de 5,5 °C para la entrada en el primario de las subestaciones, y de 14 °C para la salida del primario de las subestaciones.

Las subestaciones pueden tener diferentes configuraciones en función del número de instalaciones receptoras o del tamaño del intercambiador. En Zaragoza las más co-

munes son las subestaciones con un intercambiador de frío y un intercambiador de calor, aunque hay casos de subestaciones que bien por requerimientos de tamaño (subestación de frío del Palacio de Congresos y Torre del Agua), bien por requerimientos de diferentes aplicaciones finales (varias subestaciones separan suministro de calefacción y de ACS) o bien por requerimientos de elevada fiabilidad en el suministro han requerido de la instalación

HOT- AND COLD- WATER SUPPLY SUBSTATIONS

In each of the buildings, a canal is installed for transferring energy (heat and cooling) from the distribution system to the end user element. These facilities, known as thermal substations, comprise basically water/water plate heat exchangers from Alfa Laval, a meter for billing, a regulation and control system, supports and insulation.

The water from the DHC plant that transfers the necessary energy to the secondary circuit (that of the building itself) to meet the demand of all of its services, circulates through the primary circuit of these substations.

The temperature regime in the substations is the following:

Hot water: 90 °C at the inlet into the primary circuit of the substations and 60 °C at the output of the primary circuit.

Cold water: 5.5 °C at the inlet into the primary circuit of the substations and 14 °C at the output of the primary circuit.

The control system for the thermal substations enables optimisation of its operation, both in terms of energy production and operation and maintenance.



de dos y hasta tres intercambiadores (caso de la subestación de calor del Centro Termal que requiere por separado calefacción, ACS y calor para piscinas).

El sistema de control de las subestaciones térmicas, cuyo diseño y programación ha corrido a cargo de la firma Icesa, permite optimizar el funcionamiento de las subestaciones, tanto desde el punto de vista energético como desde el punto de vista de operación y mantenimiento. El sistema permite el contaje y facturación energética a cada uno de los edificios.

En cada nodo o subestación de la red hay un cuadro de control que incorpora, además de los elementos de conexión con la sala de control central, una pantalla táctil para manejo local, y bus de comunicaciones MeterBus para recogida de los datos de la red local de los mencionados contadores de energía. A su vez existen en cada subestación transmisores de temperatura, caudal, etc., todos ellos conectados al cuadro de control, y cuyas señales son monitorizadas desde el sistema central.



Contadores de energía

La multinacional danesa Kamstrup ha suministrado sus medidores térmicos a la red de DHC de Expoagua Zaragoza 2008. El integrador de energía utilizado en este complejo es el modelo Kamstrup Multical 66DCE, que dispone de caudalímetros electromagnéticos y permite la medida de frío y calor en sistemas cuyo fluido portador sea el agua, registrando temperaturas desde 2 °C hasta 160 °C, y con caudales comprendidos entre 0,6 m³/h y 3.000 m³/h.

En su registrador *datalogger* quedan reflejados los datos de consumo, temperaturas y caudales con periodicidad diaria, mensual y anual, por un plazo de hasta 15 años. Estos equipos disponen de comunicación tipo Mbus. Los contadores Kamstrup permiten que las prestaciones que ofrecen se consigan tanto desde la sala de control como desde cualquier acceso a Internet remoto.

Tarifación

Los principios de tarificación son simples y permiten controlar fácilmente el presupuesto energético de los edificios conectados. En cuanto a los derechos de conexión, se factura una sola vez antes de la puesta en servicio y depende de las potencias contratadas, y en lo que se refiere a los costes de funcionamiento, la factura anual comprende un término fijo, dependiendo de las potencias suscritas y dos términos variables, el primero proporcional a la energía consumida y el segundo proporcional al caudal de agua de circulación requerida. Este segundo término favorecerá a los usuarios que permitan mantener los saltos térmicos de diseño del circuito primario, mientras que penalizará a aquellos usuarios que obliguen a reducir este salto térmico requiriendo mayor caudal para garantizar su confort.



SISTEMA ELÉCTRICO

Los sistemas eléctricos de media y baja tensión han sido contratados y realizados por la empresa MAETEL. Estos sistemas son los encargados de efectuar la conexión eléctrica de la tensión de la red a los consumidores de la central.

El centro de transformación está integrado por cuatro transformadores CTM dos de ellos de 15 kV/6.000V de 4.500 kVA y otros dos de 15 kV/400V de 2.000 kVA, todos ellos de tipo seco encapsulado. Las células de 15 kV de recepción, medida y protección de transformadores han sido suministradas por ABB mientras que las de 6 kV lo han sido por Ormazábal. Desde el centro de transformación se alimentan los cuadros generales de BT y el centro de control de motores desde los que se distribuye la potencia a los diferentes consumidores.

SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN

El sistema de control de la central, cuyo diseño y programación ha corrido a cargo de la firma Sige, permite optimizar el funcionamiento de la central, tanto desde el punto de vista energético como del punto de vista de operación y mantenimiento.

ELECTRICAL SYSTEM

The medium- and low-voltage electrical systems were installed by the company Maetel. These systems connect the network to the consumer equipment in the plant.

The transformer plant comprises four units: two 4,500 kVA, 15 kV/6,000V and two 2,000 kVA, 15 kV/400V transformers. All are dry, encapsulated models.

CONTROL AND MONITORING SYSTEM

The control system optimises the plant operation in terms of energy production and operation and maintenance. The control concept is based on:

- *Control cabinet with PLC, installed in the control room, which controls the cold-water generating system and auxiliary system*
- *PC with SCADA control software connected to the PLC, from which the hot-water boilers and the energy-plant auxiliaries are operated*
- *Monitoring and data acquisition*
- *Visual instrumentation and indicators for controlling the cooling-water, cold-water and hot-water circuits.*



El concepto de control de la planta se basa en:

- Un armario de control con PLC instalado en la sala de control. La finalidad del PLC es controlar el sistema de generadores de agua fría y el sistema de auxiliares, así como centralizadores de otros sistemas. Concretamente este armario dispone de tarjetas de entrada/salida para controlar remotamente el arranque/paro de los equipos disponibles en planta, realizar la regulación de válvulas y variadores y la detección de alarmas de las protecciones eléctricas de la central. El PLC también realiza la comunicación con los PLC's de las subestaciones remotas y con el PLC del grupo de bombeo de agua del río ubicado en el edificio de captación.
- Sistema SCADA. Se trata de un PC con software de control SCADA conectado con el PLC y desde el cual se realiza la operación de las calderas de agua caliente y de los equipos auxiliares de la central de energía. Esta operación incluye arranque/paro de equipos tanto en modo manual como automático, introducción de consignas y parámetros y programación horaria de equipos.
- Sistema de supervisión y adquisición de datos (SAD). Se trata de un PC dedicado a la captación de señales a través de la comunicación con otros PLC's, instrumentos sueltos, contadores eléctricos. Realiza la supervisión de la planta, seguimiento en tiempo real, registro de históricos, preparación de informes, etc. Los requerimientos de redundancia en el sistema de operación de la planta se han conseguido instalando en el ordenador del SAD el software SCADA de manera que desde cualquiera de los ordenadores se puedan realizar las mismas operaciones de control.
- Instrumentación visual y de señal mediante la cual se realiza el control de los tres circuitos: circuito de agua de refrigeración, circuito de agua fría y circuito de agua caliente.



Ventajas Medioambientales

- Disminución de la producción de gases con efecto invernadero
- Disminución de ruidos
- Disminución de vibraciones
- Eliminación de contaminación por legionelosis
- Eliminación del impacto visual

Ventajas Económicas

- Para el promotor: Aprovechamiento del espacio útil y mayor flexibilidad en el diseño
Costes de inversión y explotación menores
- Para el usuario: Disminución de costes
Consumos de electricidad y de gas inferiores

Ventajas Operativas

- Mayor flexibilidad. No se precisa planificación
El servicio de calefacción y refrigeración se convierte en una utility más
- Mayor grado de fiabilidad: monitorización por especialistas del conjunto de los equipos e instalaciones
- Facilidad en el mantenimiento
- Mayor simplicidad. Instalaciones menos complejas

**Una solución innovadora
para un entorno sostenible**



redes urbanas de calor y frío

Avenida Ranillas, 107 - 50015 ZARAGOZA
tel. 976 520 704 - 976 521 859 • fax 976 741 741

París, 43 bis - 08029 BARCELONA
tel. 933 638 686 • fax 934 392 280