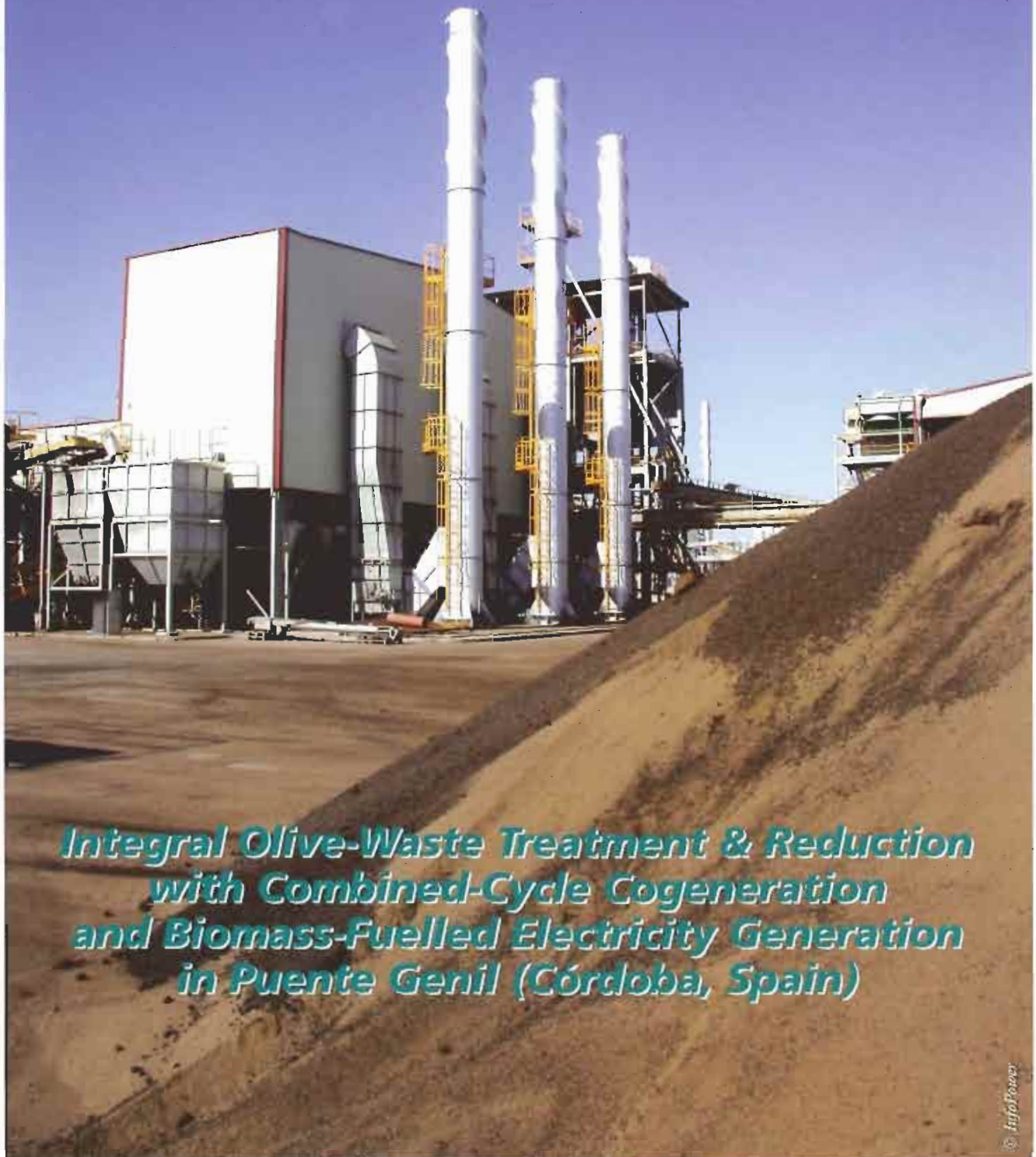


**Tratamiento y reducción integral
de productos de la industria olivarera
con cogeneración en ciclo combinado
y generación eléctrica a partir de biomasa
en Puente Genil (Córdoba)**



*Integral Olive-Waste Treatment & Reduction
with Combined-Cycle Cogeneration
and Biomass-Fuelled Electricity Generation
in Puente Genil (Córdoba, Spain)*

A high-tech plant for integral processing and waste-to-energy conversion of olive-oil industry by-products

Una planta de tecnología avanzada para el aprovechamiento integral y valorización energética de los productos del olivar

En la localidad cordobesa de Puente Genil, Valoriza Energía, empresa del grupo Sacyr-Vallehermoso ha construido y puesto en marcha un complejo industrial dedicado al secado de alperujo y a la extracción de aceite de orujo de oliva, que supone un verdadero escaparate de aprovechamiento energético de la biomasa del olivar, y de aplicación de cogeneración de alta eficiencia. La planta, que ocupa una extensión de 16 Ha, está explotada de forma conjunta por tres sociedades distintas en las que Valoriza Energía es socio mayoritario, y que realizan cuatro actividades diferenciadas.

Secaderos de Biomasa, S.A. (SEDEBISA) es la compañía que desarrollará las actividades relacionadas con la obtención de aceite de orujo de oliva, de una parte el almacenamiento de alperujo en balsas y de otra la obtención de dos tipos de aceite de orujo de oliva: obtenido por centrifugación física (aceite de repaso) y obtenido por extracción química.

Compañía Energética Pata de Mulo, S.L. (CEPALO) es la compañía explotadora de una planta de tratamiento y reducción de lodos oleícolas con cogeneración asociada. La planta de cogeneración en ciclo combinado, está equipada con una turbina de gas de 13 MW, una caldera de recuperación, y una turbina de vapor de 4,4 MW. Los gases de combustión de la turbina de gas se utilizan en los secaderos de alperujo referidos anteriormente, siendo éste el nexo de unión entre las dos actividades descritas hasta el momento.

Por último, Biomassas de Puente Genil, S.L. es la empresa dedicada a la explotación de una planta de valorización energética de biomasa, y en concreto al aprovechamiento de orujillo, residuo del proceso de extracción del aceite de orujo de oliva. Esta planta está compuesta básicamente por una caldera de biomasa y una turbina de vapor de 9,8 MW.

Las plantas, proyectadas y construidas "llave en mano" por la firma de ingeniería Iberese (Grupo Sacyr-Vallehermoso) son el objeto de este reportaje, que describe los equipos que incorpora cada una, así como los diferentes modos de funcionamiento de las mismas.

In the town of Puente Genil (Córdoba), Valoriza Energía, a company in the Sacyr-Vallehermoso Group, developed and started up a state-of-the-art waste-to-energy facility employing biomass from the olive-oil industry, with the support of a high-efficiency cogeneration plant. This complex, extending over 16 Ha, is operated by a consortium of three companies, of which Valoriza Energía is the majority shareholder. The associated companies carry out separate activities.

Secaderos de Biomasa, S.A. (SEDEBISA) is in charge of all processes for obtaining olive kernel oil. This includes storing the pomace (crushed pits and flesh) in basins and obtaining two types of olive pomace oil: one from centrifugation and the other from a chemical extraction process.

Compañía Energética Pata de Mulo, S.L. (CEPALO) operates the olive waste treatment and reduction plant. For this function, a combined-cycle cogeneration plant, equipped with a 13-MW gas-turbine, a heat-recovery boiler and a 4.4-MW steam turbine, has been built. The flue gas from the gas turbine is employed in the pomace dryers, which also form part of the complex.

Biomassas de Puente Genil, S.L. operates the biomass waste-to-energy plant which is fuelled with the remains of the olive pulp after the pomace oil has been obtained. This plant comprises basically a biomass boiler and a 9.8 MW steam turbine.

These plants, designed, built and delivered turnkey by the engineering firm Iberese (part of the Sacyr-Vallehermoso Group) are described, along with their equipment and the operation systems, in the following report:

El proyecto

El proyecto SEDEBISA, enmarcado en el Plan de Modernización de las Extractoras de Orujo planteado por la Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía y la Asociación Nacional de Extractoras de Orujo, consiste en una planta capaz de procesar entre 150.000 y 300.000 t al año de orujos de aceituna, con equipos para almacenamiento, secado y extracción de aceite de orujo, e instalaciones que permitan cubrir su demanda térmica y eléctrica, generando un excedente de energía eléctrica que se vierte a la red pública.

En este caso la humedad relativa media del alperujo es del orden del 65%, humedad que se reduce en los tres trómeles o secaderos hasta un valor del 10%. Fruto de este proceso de secado se obtiene orujo grasoso seco, que se somete a un proceso de extracción, en el cual, mediante un tratamiento con hexano y vapor se obtiene el aceite de orujo y orujillo seco. Tradicionalmente parte de este producto se ha empleado en los secaderos, en los que su combustión permitía aportar la energía térmica necesaria para el secado.

Por el contrario en el proyecto que nos ocupa, se ha previsto la sustitución de este orujillo seco por los gases de escape de una turbina de gas. El subproducto resultante, orujillo, sirve de combustible a una caldera de biomasa, en la que se genera vapor que se turbinan en una turbina de vapor.

En consecuencia, además del beneficio económico derivado de la obtención de aceite de orujo y del medioambiental, por la eliminación del impacto ambiental que generarían las aguas de vegetación de la aceituna, se obtiene además energía eléctrica, tanto en la planta de cogene-

ración con gas natural en ciclo combinado asociada (de la que se obtienen los gases de secado), como en la planta de generación directa para revalorizar el orujillo.

La actividad anual de la planta de cogeneración se completa, además, con la eliminación de efluentes líquidos generados en las almazaras e industrias de aderezo ubicadas en los alrededores de la planta. A su vez, la planta de generación quemará, además del orujillo, otras biomásas procedentes de cultivos de la zona como: orujos de uva, poda del olivar, cáscara de almendra, rastrojos de algodón, girasol, ajos, etc, e incluso procedentes de cultivos energéticos, como es el caso del sorgo.

En un futuro próximo las ayudas agrícolas de la Unión Europea estarán condicionadas a una serie de buenas prácticas, por lo que estará prohibida la actual práctica de quemar los rastrojos después de los cultivos, por lo que esta planta de biomasa no sólo tendrá asegurado su abastecimiento, sino que prestará un gran servicio a los agricultores de la provincia, en concreto a los que explotan las 22.000 ha de riego del trasvase Genil-Cabra, en el centro de las cuales se encuentra ubicada la instalación.

El proyecto SEDEBISA tiene además otras peculiaridades como la obtención de aceite de repaso, previa al proceso de extracción tradicional de aceite de orujo, o el tratamiento de deshuesado al que se somete en primer lugar el alperujo almacenado en las balsas y que permite obtener un combustible biomásico de alto PCI, como veremos más adelante.

Justificación del emplazamiento

La zona es de cultivo intenso del olivar y la proximidad de almazaras es notoria, por lo que resuelve una parte importante del problema de sus residuos. Por otro lado la zona regable actual y futura a través del canal Genil-Cabra es una buena fuente de otras biomásas que serán valorizadas en la planta.

Las cercanías del canal de riego facilitarán el abastecimiento de agua a la planta a través de la propia Comunidad de Regantes y existe un ramal de Gas Natural hasta la propia planta, derivado del cercano gasoducto principal Tarifa-Córdoba. La existencia de líneas eléctricas y la subestación próximas completan las condiciones idóneas para que la ubicación sea la más apropiada.



The Project

The SEDEBISA plant project is part of the Pomace-Oil Production Modernisation Plan, an initiative of the Energy Development Agency of Andalusia and the National Pomace-Oil Extractors' Association. The project contemplated designing and building a facility capable of processing between 150,000 and 300,000 t per year of pomace oil, including the necessary storage, kernel oil production equipment and the necessary facilities to meet the heat and electrical demands of the processes involved and produce additional electricity to be exported to the grid.

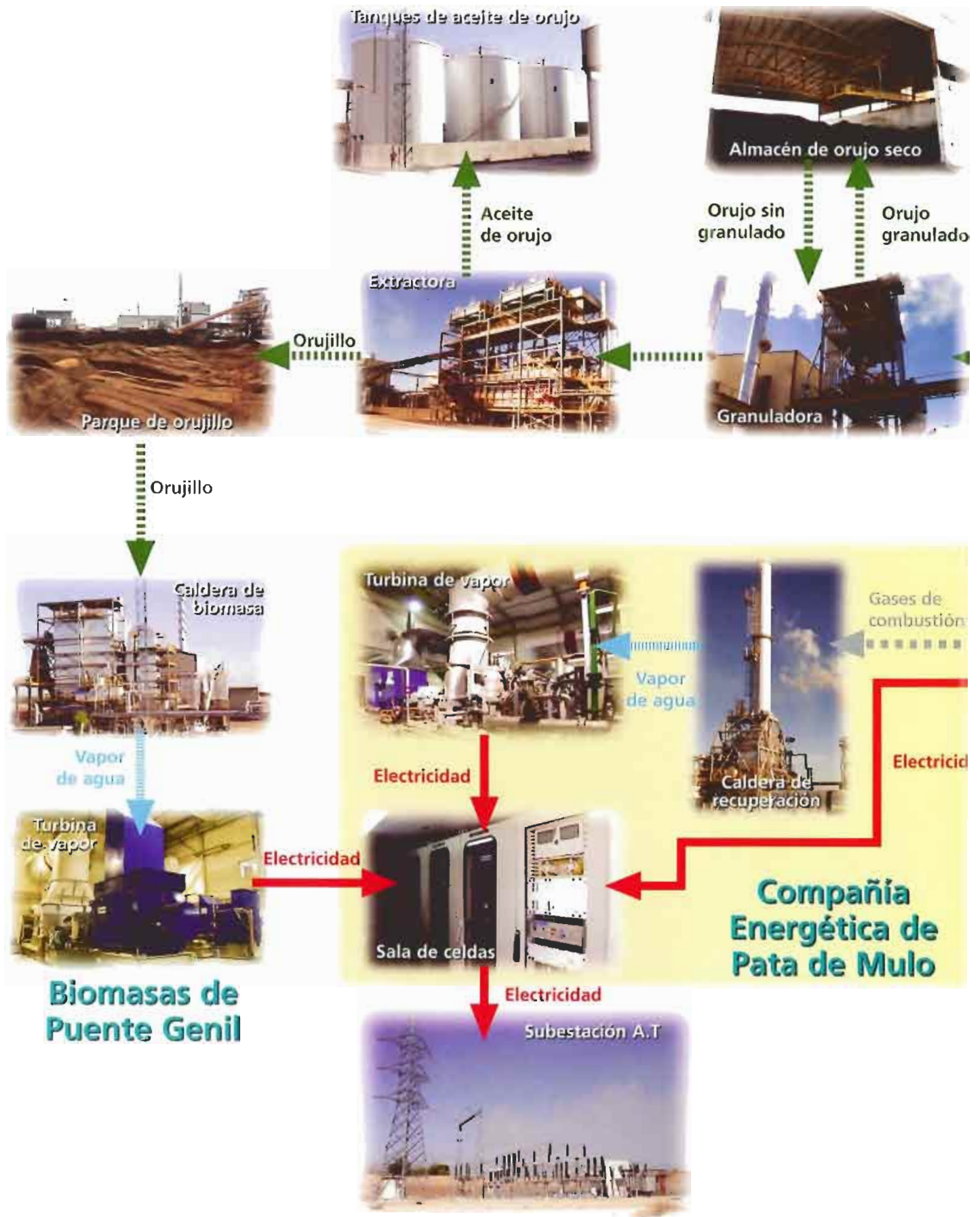
The design contemplates employing the flue gas from a gas turbine to feed a biomass boiler to produce steam to drive a steam turbine.

The location

The plant complex is strategically located amidst a high concentration of olive orchards and oil mills, for which it provides a solution to one of the most serious problems in the area, the accumulation of olive-oil waste. The location was also chosen because the water supply from the Genil-Cabra Irrigation Canal ensures the necessary sustained source of biomass for continual operation of the plant over time and guarantees the water supply to the plant itself. In addition, a branch of the Gas Natural pipeline, from the nearby main Tarifa-Córdoba line, meets the gas demand. Overhead power lines and a substation located close to the facility were also taken into account when choosing the location.



CENTRAL DE BIOMASA DE PUENTE GENIL



Secaderos de Biomasa



Parque de hueso

Hueso de
aceituna



Deshuesadora

Alperujo
balsas



Balsas de alperujo



Repaso

Orujo
deshuesado



Tanques de aceite de repaso



Bascula

Alperujo
almazara



Secaderos

Orujo húmedo

Gases de
combustión



Turbina
de gas

Gas
Natural



ERM

Planta extractora

La planta extractora incorpora todas las tecnologías actualmente disponibles para disminuir a un máximo razonable los efluentes a la atmósfera y las necesidades de mano de obra, vapor, etc.

Procesa 400 t/día de orujo grasoso seco (12% de humedad), a lo largo de campañas de 7-9 meses, que comienzan en el período de recolección de la aceituna (noviembre) y hasta terminar con la materia prima.

La planta puede procesar 300.000 t de alperujo (67-70% de humedad) o su equivalente en orujo seco (12% de humedad). Las instalaciones están adecuadas para recibir también orujos grasos semisecos entre 20-50% de humedad. Estos orujos por sus características físicas tienen un circuito de flujo diferente al que realiza el alperujo.

Almacenamiento

El proceso industrial comienza con el almacenamiento del alperujo en balsas. La planta cuenta con un total de tres balsas, las balsas 1 y 2 tienen una capacidad de 75.000 y 80.000 m³ respectivamente. Ambas tienen el suelo de hormigón y están impermeabilizadas por medio de una lámina de polietileno.

Existe además en la planta una tercera balsa, la denominada balsa de diario, que puede acumular hasta un total de 2.000 m³ de alperujo. Desde esta balsa se alimenta el proceso productivo. En esta balsa se reciben las entradas diarias de forma prioritaria hasta su capacidad, si las entradas superan la capacidad del proceso productivo, el orujo de dos fases se almacena en las balsas grandes. Esto permite procesar orujos de gran calidad; en la actualidad se puede decir que a las 9h la aceituna está en el árbol, a las 17h se está procesando en las almazaras y a las 24h el orujo procedente de esta aceituna está en la fábrica.



Sistemas de transporte

La planta cuenta con todos los sistemas de transporte necesarios para conducir los diferentes productos a cada una de sus áreas de proceso.

- Sistema de transporte del alperujo desde las balsas a los secaderos: está formado por un tornillo sin fin, cinta transportadora y tolvas. Tiene una capacidad nominal de 833 t/día de alperujo al 65% de humedad.
- Sistema de transporte desde secaderos a la planta extractora: está compuesto por tolvas y cintas transportadoras con una capacidad para transportar 324 t/día de orujo seco.
- Sistema de transporte de orujillo desde la extractora hasta el parque de orujillo.

Los equipos de transporte han sido suministrados por la firma Espirales y Maquinaria, así como la planta deshuesadora de la que hablaremos a continuación; en base a fichas técnicas realizadas por la ingeniería Iberse.

Planta deshuesadora

Antes de someter al alperujo a los distintos procesos de extracción que se llevan a cabo en la planta éste es deshuesado, es decir se extrae el hueso de la aceituna. La planta deshuesadora de 1.000 t/día de capacidad, permite obtener hueso de aceituna, un combustible biomásico con un PCI del orden de 5.000 kcal/kg, con una granulometría muy homogénea y una humedad de entre el 15 y el 25%. Este producto se destina a la venta comercial.

Obtención de aceite de repaso

Previo al secado la planta dispone de una planta de obtención de aceite de orujo de repaso. En esta planta, y por procedimientos puramente físicos, se obtiene un aceite de orujo de excelentes propiedades, destinado a su comercialización.

Los equipos principales con que cuenta esta instalación han sido suministrados por la firma Centrifugación Alemana, y consisten en: cuatro batidoras de inoxidable con calefacción indirecta, cuatro decanter, cuatro filtros tamices vibrantes, dos centrifugas verticales autolimpiables y una caldera para producir agua caliente. La planta tiene una capacidad de tratamiento de 900 t/día, y puede separar del orden del 30-40% del % de orujo con el que entra, en función de la riqueza grasa del orujo.



Extractor plant

The oil extractor plant processes 400 t/day of dry olive pomace, over the seven to nine month season, which begins with the harvesting of the olives (November) and ends when the processing of the raw material has been completed.

Storage

The industrial process begins with the storage of the pomace in basins. Three basins are installed at the plant. Basins 1 and 2 have a capacity of 75,000 and 80,000 m³ respectively. Basin 3, for the daily supply, contains up to 2000 m³.

Pitting plant

Before the mash is submitted to the various extraction processes carried out at the plant, the pits are removed by means of a 1000 t/day pitting machine, to obtain a high LCV, clean and easy to use fuel.

Second pressing

Once this process is completed, and before the mash is sent to the drying plant, it undergoes a second pressing. The resulting top-grade oil, produced by purely physical means, is sold on the market.

Secaderos

La fábrica está equipada con tres secaderos tipo trómel, diseñados y suministrados por la empresa José Doblas e Hijos, con sus equipos auxiliares correspondientes: mezcladora-acondicionador, cámara de caída de producto, sinfín de salida de la cámara de caída, tuberías, ciclones y chimeneas, entre los más importantes.

Los secaderos tienen una capacidad máxima total de evaporación de 21.000 kg/h de agua. En ellos, como ya se ha indicado se utiliza la energía térmica proveniente de los gases de escape de la turbina de gas de la instalación de cogeneración, para secar el alperujo, cuya humedad relativa media inicial es del 65%, hasta un valor del 10%.

Para realizar un secado correcto del producto es necesario realizarlo con bajas temperaturas de secado (470 °C) a la entrada del secadero, operando en una sola pasada para reducir el intervalo completo deseado de humedad.

Esta operación se ha conseguido mediante la conocida incorporación de un acondicionador mezclador de producto, que opera recirculando parte de la producción seca hacia el equipo de acondicionamiento, donde se realiza la mezcla de la fracción seca con la fracción fresca.

De esta forma el trómel tiene que procesar más cantidad que sin recirculación, pero por el contrario procesa una alimentación con un contenido de humedad mucho más bajo (40%). Esto confiere al orujo una permeabilidad muy grande y hace que el trómel opere con gran intercambio de masa y energía desde los primeros metros. Esto da lugar a rendimientos térmicos y producciones altos.

Granuladora

El orujo grasoso seco procedente de los secaderos se somete todavía a un tratamiento más antes de pasar a la extractora. Este tratamiento consiste en un proceso de granulación en una planta que tiene una capacidad de proceso de entre 400 y 500 t/día. La planta granuladora, suministrada por la firma Talleres Rosal, incorpora máquinas granuladoras de la firma Mabrik. Mediante esta operación se asegura la seguridad y fiabilidad del proceso de extracción.



Extracción

El proceso de extracción se realiza en una planta extractora en continuo, que emplea un extractor de banda horizontal patentado a nivel mundial de la firma De Smet. La planta tiene una capacidad de tratamiento de 400 t/día y tiene como peculiaridad que la condensación de hexano se realiza con aire, reduciendo de este modo el consumo de agua para refrigeración.

Para ello se emplean dos aerocondensadores del sector alimentación suministrados por Equirepsa. Se trata de dos equipos capaces de condensar 7.000 kg/h de hexano, además de vapor de agua, con potencias caloríficas de 680.000 kcal/h y 576.000 kcal/h, que disponen de una superficie de intercambio de 2.340 m² y 1.860 m², respectivamente.

El proceso de extracción completo se divide en cinco fases:

- Extracción del aceite del orujo grasoso seco.
- Desolventización (extracción del disolvente del orujo seco extractado).
- Destilación (evaporación del disolvente de la mezcla -aceite + hexano-).
- Absorción (recuperación del disolvente de los incondensables).
- Condensación de los vapores de hexano y agua.

El aceite de extracción se almacena en tres tanques de 600 t cada uno suministrados por Calprisa.

El residuo obtenido de este proceso, orujillo, se conduce a la caldera de biomasa, en donde se produce su combustión.

Dryers

Three dryers, of the trommel type, of a total maximum water evaporation capacity of 21,000 kg/h, are installed. As previously indicated, the heat from the flue gas from the gas turbine installed in the cogeneration plant is used to dry the olive mash. The average initial relative humidity is 65%, which is reduced to 10% in the drying process.

The correct drying operation requires a low temperature range (470°C) at the admission section of the dryer, a single passage through the trommel and the use of a conditioner product. The final result is a high thermal efficiency and an improved production rate.

Granulator

The oily mash removed from the dryers is granulated in a plant of a processing capacity of between 400 and 500 t/day before it is sent on to the extractor plant.

Extraction

The extraction process is carried out in a continual operation plant, producing 400 t/day. One of its special features is that hexane is air-condensed, which reduces water consumption in the cooling process.

The residue meal from this process is used to feed the biomass boiler.



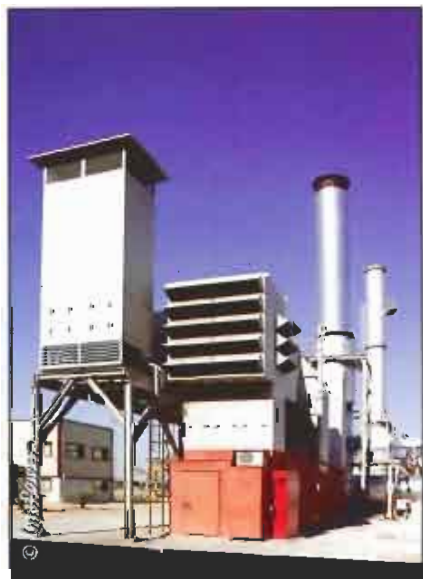
Planta de cogeneración

El objeto de la planta de cogeneración, promovida y explotada por la empresa Compañía Energética de Pata de Mulo (CEPALO, en adelante), es el aprovechamiento de los gases de escape de la turbina de gas en los secaderos de la empresa Secaderos de Biomasa (SEDEBISA, en adelante), además se genera energía eléctrica tanto para cubrir los consumos propios de la fábrica como para exportar a la red, operación que se realiza merced a una subestación ubicada en los alrededores de la planta.

La instalación de cogeneración consiste en un ciclo combinado de turbina de gas y turbina de vapor, aprovechando todos o parte de los gases de escape de la turbina de gas para el secado de orujo húmedo, materia prima para la extractora de aceite de orujo, así como para la eliminación de efluentes de almazaras situadas en el área de influencia de la planta, generando simultáneamente energía eléctrica por medio de sendos alternadores acoplados a las turbinas.

Una parte o todos los gases, antes del secadero, es conducida a una caldera de recuperación en la que se genera vapor sobrecalentado. Este vapor se conduce a la turbina de vapor, de forma que el ciclo alcanza un rendimiento superior al 40%.

La instalación tiene un sistema de control que permite trabajar individual o simultáneamente secado y ciclo combinado.



La actividad específica de la planta de secado y extracción es de temporada, prevista inicialmente durante nueve meses al año.

Demandas térmica y eléctrica

La instalación cubre la totalidad de la demanda térmica de la planta determinada por la capacidad máxima total de evaporación de los tres trómeles de secado, que es de 21.200 kg/h de agua. En consecuencia la demanda de los secaderos es de 47,64 kg/h de gases a 470 °C. La planta de cogeneración puede generar 171.500 kg/h a de gases para una temperatura ambiente media anual de 17,5° C.

En lo que respecta a la potencia eléctrica máxima demandada por la planta es del orden de los 1.500 kW.

Emplazamiento e implantación de equipos

El emplazamiento de la planta de cogeneración está dentro de la parcela de SEDEBISA, en el cortijo conocido como Pata de Mulo, en el término municipal de Puente Genil.

Los equipos principales de la instalación: turbogenerador a gas, caldera de recuperación, aerocondensadores y parque de interconexión de instalación exterior.

Tan sólo se ha contemplado un edificio para albergar a la turbina de vapor (en el que se encuentra también la turbina de vapor de la planta de generación eléctrica a partir de biomasa), otro para los transformadores y celdas eléctricas, una sala de control donde se ubican los cuadros eléctricos de baja tensión y los ordenadores de control de la planta, y un edificio en el que se encuentra la planta de tratamiento de agua.



Cogeneration plant

The mission of the CHP plant, developed and operated by Compañía Energética Pata de Mulo (CEPALO), is to use the flue gas from the gas turbine to heat the dryers, supplied by the company Secaderos de Biomasa (SEDEBISA). In addition electricity is generated by means of an alternator coupled to each of the turbines, to meet the consumption demand of the plant and supply to the grid.

The CHP plant consists of a gas- and a steam- turbine operating in a combined-cycle. Part or all of the gas turbine flue gas is used to dry the wet olive mash, which is the raw material for the olive kernel extractor. The flue gas of the CHP plant is also used to process the effluents from the surrounding oil mills, which are also burned in the boiler and employed in the power generating process.

Part or all of the gas is sent to a heat recovery boiler in which superheated steam is raised. This steam is sent to the steam turbine enabling the cycle to reach efficiency in excess of 40%.



Turbogenerador a gas

En la planta de cogeneración se ha instalado un turbogenerador a gas modelo TBM-T130 de 13 MW de potencia. Se trata de un equipo fabricado por Turbomach, cuyo componente principal es una turbina de gas industrial Titan 130 de la firma Solar Turbines.

Las características del turbogenerador en las condiciones del emplazamiento medias, con enfriador evaporativo e inyección de vapor son las siguientes:

Potencia en bornes de alternador	13.181 kW/n
Consumo de combustible	38.848 kW/n
Consumo específico	10.607 kJ/kWh
Caudal de gases de escape	47,64 kg/s
Temperatura de gases de escape	487 °C
Rendimiento eléctrico	33,8%
Temperatura media de admisión	17,5 °C

El turbogenerador se alimenta con gas natural a 25 bar, procedente de la red nacional de gasoductos españoles, previamente acondicionado en una ERM, de la que trataremos más adelante.

Posee un compresor de aire de 14 etapas y flujo axial, que alimenta el aire comprimido a la cámara de combustión con relación de compresión de 16/1. Los gases producto de la combustión del gas natural se expansionan en la turbina de potencia.

El eje único de esta turbina, acciona a través de un reductor, un alternador eléctrico Leroy Somer de 16 MVA, que genera a una tensión de 11 kV.

Los gases de escape se conducen directamente y en paralelo a los secaderos y a la caldera de recuperación. El caudal de gases del turbogenerador en el emplazamiento es de 47,64 kg/s a 487 °C, y está regulado por un sistema de by-pass, que permite evacuar calor a la atmósfera.

La energía eléctrica generada se vierte a la red pública mediante una subestación transformadora, donde se eleva la tensión, desde la de generación, 11 kV, hasta la de la red de transporte, 132 kV.

A fin de aumentar la eficiencia de la planta y dadas las características climatológicas del emplazamiento (elevada temperatura y baja humedad relativa en verano), se ha instalado un sistema de enfriador evaporativo en el turbogenerador a gas, que permite reducir hasta un máximo de 20 °C la temperatura del aire de combustión, aumentando de esta forma la potencia del grupo en épocas extremas de calor. Además de ello se ha instalado un sistema de filtración multietapa de alta eficiencia, que retiene partículas y vapores procedentes de la planta de secado y extracción de aceite.

La instalación de este sistema de filtración ha corrido a cargo de la firma American Air Filter – AAF.

El turbogenerador está instalado en el exterior, y provisto de puertas practicables para facilitar el mantenimiento.

Los sistemas principales y auxiliares que integran el equipo se han optimizado de forma que este turbogenerador precisa de un solo paro anual para su mantenimiento preventivo que se hace coincidir con los paros de la fábrica.

ERM

El combustible, gas natural, necesario para la turbina de gas se suministra a la planta mediante un conducto canalizado, desde la posición K-29 del gasoducto Tarifa-Córdoba, situada a unos 5,5 km de la planta.

En la ERM el gas natural se acondiciona, en lo que respecta a su temperatura, presión y filtrado, para alcanzar las características demandadas por la turbina de gas.

Gas turbogenerador

A 13-MW Turbomach gas turbogenerator, Model TBM-T130, is installed. Its main component is a Solar Titan 130 industrial gas turbine. Its main characteristics are:

- Rated power..... 14,250 kW
- Fuel consumption... 40,714 kW
- Electric efficiency ... 35 %
- Exhaust gas flow 49,75 kg/sec
- Exhaust gas temp.... 482 °C
- Output voltage 11 kV

The package includes a 14-stage, axial-flow air compressor that supplies compressed air to the combustion chamber. The gas produced in the natural-gas combustion process is expanded in the power turbine. Through a reduction gear, the single turbine shaft drives a 16-MVA Leroy Somer alternator that generates electricity at 11-kV.

The flue gas is sent directly, on parallel lines, to the dryers and the recovery boiler. A by-pass for the exhaust gas is installed between the gas turbine and the boiler.

The electricity generated is sent to the grid through a substation where the voltage is raised from the 11-kV generation voltage to the of 132-kV grid voltage.

CARACTERÍSTICAS DEL TURBOGENERADOR TBM-T130 EN CONDICIONES ISO

Fabricante	Turbomach
Equipo turbogenerador	TBM-T130
Turbina de gas	Solar Titan 130
Generador	Leroy Somer
Potencia en bornes	14.250 kW
Consumo de combustible	40.714 kW
Eficiencia eléctrica	35%
Caudal de gases de escape	49,75 kg/s
Temp. de gases de escape	482 °C
Sistema de arranque	CA
Tensión de salida	11 kV
Aceite de refrigeración	Mineral ISO VG46
Sistema de filtrado	AAF
Apoyo turbogenerador	Sobre muelles
Nivel de sonido envolvente	85 db(A)
Medidas	15.614x8.886x2.900 mm
Peso	70.000 kg
Trabajo	continuo 8.000 h

Conductos y válvulas de gases de escape

Se incluyen en este apartado los conductos y válvulas de control de los gases de escape de la turbina a la caldera de recuperación, a los secaderos o a las chimeneas de *by-pass* y principal (a la salida de la caldera).

Todos los conductos de gases son de chapa de acero inoxidable de 4 mm de espesor, y han sido fabricados, suministrados, e instalados por Ditecsa. Están calorifugados en su totalidad empleando mantas de lana mineral, de diferentes densidades y espesores en función del fluido que circula por el conducto, y recubrimientos de chapa de aluminio, con espesores variables siguiendo el mismo criterio. La firma Aislamientos Figueroa se ha ocupado del calorifugado de la gran mayoría de los conductos de la planta, así como de otros muchos equipos de la misma.

Para conducir los gases de escape de la turbinas a los secaderos y a la caldera, se han previsto unos conductos apropiados, de manera que el caudal de gases se reparte, bien a la caldera o bien directamente a los secaderos, y se controla mediante dos compuertas.

A la salida de la turbina de gas se ha instalado una chimenea de *by-pass*, para envío de gases directamente a la atmósfera durante el arranque o en situaciones de emergencia.

Todos estos conductos están dotados de válvulas de mariposa, que permiten modular y regular el flujo de gases de escape a cada uno de los sistemas, bien sea la caldera de recuperación, bien a la chimenea de *by-pass* o a secaderos.



Las válvulas de gases han sido suministradas por la firma Camonsa, y están equipadas con actuadores neumáticos de aluminio de Mecánica Prisma.

Para completar esta parte de la planta se ha instalado un silenciador de escape, se trata de un silenciador de absorción con bridas de conexión en cada uno de los conductos de *by-pass*, construido en acero inoxidable AISI 304, con lana mineral como material absorbente acústico, incluyendo una lámina de tejido de vidrio por delante de la chapa perforada para evitar el desfibrado de la lana.

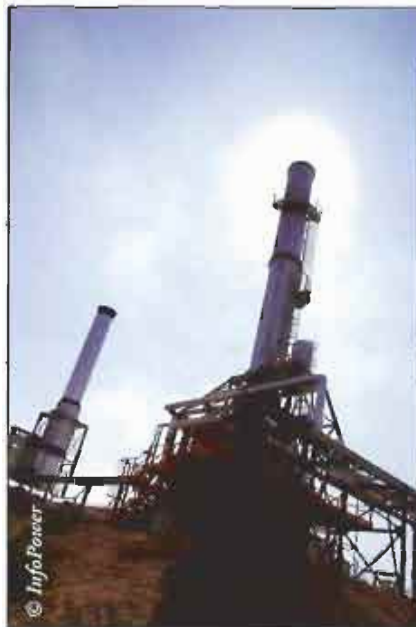
Caldera de recuperación

Los gases a 487 °C, procedentes del escape de la turbina de gas, se introducen en parte o completamente (en función de las necesidades de los secaderos) en una caldera de recuperación de calor.

La caldera de recuperación está compuesta por:

- Conducto de gases de entrada en caldera.
- Un sobrecalentador integrado en ejecución carcasa con aislamiento interno.
- Caldera GEA-DELTAK.
- Salida de gases integrando un evaporador y un economizador ambos en ejecución carcasa con aislamiento exterior.
- Conducto de salida de caldera a chimenea.
- Chimenea de gases de escape a la atmósfera.
- Tuberías de interconexión con atemperación.

La caldera, suministrada por GEA Ibérica, tiene una producción nominal de vapor de 20.000 kg/h a una presión de 40 bar(a), con una temperatura de vapor de 400 °C y una temperatura del agua de alimentación de 105 °C.



Flue gas pipelines and valves

Two pipelines carry the turbine flue gas to the dryers and boiler. They are arranged so that the gas flow is distributed to the boiler or directly to the dryers, as needed, and is controlled by means of two gates that are regulated in function of the temperature of the mixture at the inlet into the dryers.

A by-pass flue is installed at the gas-turbine outlet to release the gas directly into the atmosphere during starting or in emergency situations. It is fitted with an exhaust silencer, with mineral wool as absorption material.

All the gas ducts are fitted with butterfly valves, with air driven aluminium body actuators, to modulate and regulate the gas flow to the different systems: recovery boiler, by-pass or dryers.

Heat recovery boiler

Part or all (in function of the dryer demand) of the 487° C flue gas is sent to a heat recovery boiler. This boiler, supplied by GEA Ibérica, has a rated steam production of 20,000 kg/h at a pressure of 40 bar(a) and a steam temperature of 400° C, and a feed-water temperature of 105° C.

Turbogenerador a vapor

Navantia U.P Astillero-Fene Ferrol ha suministrado dos turbinas de vapor a condensación destinadas tanto a la planta de cogeneración como a la de generación con biomasa.

Estas dos turbinas, fabricadas bajo diseño Mitsubishi, son del tipo multietapa de acción y maximizan la producción de energía eléctrica a lo largo del año para las condiciones de vapor principal definidas. Sus características constructivas son comunes, diferenciándose principalmente en su potencia: 4.460 kW y 9.820 kW siendo esta última la de la planta de biomasa.

Las características principales de la turbina son:

Potencia máxima	4.460 kW
Presión de vapor de admisión	40 bar (a)
Temperatura de admisión	400 °C
Caudal máx. admisión vapor	20.000 kg/h
Presión de vapor exhaustación	0,08 bar (a)
Velocidad de la turbina	8.760 rpm
Velocidad del alternador	1.500 rpm

El turbogrupo se completa con un alternador Indar de 5.575 kVA, que genera a una tensión de 11 kV. Se trata de un generador síncrono, trifásico sin escobillas, diseñado para servicio continuo y refrigerado por aire.

Una de las características principales de estos generadores es el rotor. Indar diseña y fabrica los generadores para aplicaciones de cogeneración en rotor liso, debido a la seguridad mecánica que resulta de la robustez y compactabilidad tras el proceso de impregnación VPI al rotor. Esta seguridad mecánica permite al generador soportar sobrevelocidades superiores a las específicas sin deterioro alguno del rotor.

Además de la fabricación y suministro de las citadas turbinas Iberese encargó a Navantia U.P Astillero-Fene Ferrol la fabricación y suministro de otros elementos del turbogrupo, tales como el alternador y sistema de excitación, el sistema auxiliar de aceite de lubricación y control, el condensador de vahos, así como las tuberías de interconexión, cableados e instrumentación.

Redes de agua y vapor

La integración del sistema formado por la caldera de recuperación y el turbogrupo a vapor se lleva a cabo mediante dos redes de fluidos:



la red de vapor y la red de agua de alimentación.

Red de vapor: desde la brida de vapor vivo del generador de vapor parte una tubería que lo conduce hacia la entrada de la turbina. Este conducto está compuesto por una tubería de acero aleado de 6" de diámetro y 4 mm de espesor, su trazado es aéreo y autosoportado en la mayor parte de su recorrido.

By-pass de turbina: antes de la entrada a la turbina, el vapor vivo se encuentra con un by-pass, gobernado por una válvula acondicionadora de vapor, que conduce el vapor directamente al aerocondensador, en condiciones idénticas a las de descarga de la turbina, en caso de disparo de ésta.

La válvula cuenta con un sistema de inyección de agua de condensados, a una presión por encima de la de descarga, cuyo caudal varía en función de las condiciones de entrada del vapor. Una vez saturado y humedecido, el vapor se lamina en un cuerpo difusor, logrando las condiciones de vapor saturado a la salida de la turbina.

Vapor auxiliar: para las necesidades auxiliares de vapor como es el caso del desgasificador y el vapor de sellos de la turbina, se dispone de una red de vapor auxiliar.

Red de agua de alimentación: el caudal de agua condensada en el aerocondensador, se bombea de nuevo a la caldera. Debido a las pérdidas por purgas y fugas, este caudal debe ser complementado mediante agua de reposición, para completar la producción de la caldera.

Steam turbogenerator

Navantia (formerly IZAR), supplied two condensing steam turbines, one for the CHP plant and the other for the biomass-fuelled power-generating plant.

These multi-stage turbines, built from a Mitsubishi design, yield an optimum electricity production over the year for the main steam conditions defined. Their construction features are common. Their special characteristics include their power outputs of 4460 kW from the CHP plant turbine and 9820 kW from the biomass-plant turbine.

An air condenser common to both turbines, capable of generating a vacuum of 0.08 bar(a) with both turbogenerators in operation, is installed.

The main specifications of the CHP-plant turbine are as follows:

Maximum power output	4460 kW
Steam admission pressure	40 bar(a)
Admission temperature	400° C
Maximum steam admission flow	20,000 kg/h
Exhaust steam pressure	0,08 bar(a)
Turbine speed	8760 rpm
Alternator speed	1500 rpm

The turbogenerating set includes a three-phase synchronous Indar alternator of an output of 5575 kVA, generating at a voltage of 11 kV.

The feed water network and the steam network connect and integrate the recovery boiler and the steam turbine systems and circuits.



Planta de generación eléctrica a partir de biomasa

La central de generación eléctrica con la que cuenta esta planta está formada, básicamente, por una caldera de vapor, de parrilla de tipo oscilante, que utiliza como combustible principal orujillo, y un grupo turbogenerador de vapor a condensación.

La instalación consiste en un ciclo de vapor de agua que acciona una turbina de vapor de 9,8 MW de potencia eléctrica. La planta de secado y extracción de orujo está diseñada para procesar 150.000 t, quedando disponibles 52.000 t de orujillo, lo que permite alimentar una planta de 7 MW. Sin embargo, la autorización administrativa para generar 10 MW ha sido concedida, por lo que se prevé incorporar unas 30.000 t anuales de otras biomasa que generan cultivos localizados en el área de influencia de la central, como orujos de uva, poda de olivar, cáscara de almendra, rastrojos de algodón, girasol, ajos, etc.

Los parámetros principales del ciclo son:

Disponibilidad de combustible	82.800 t/año
Operación	8.000 h/año
Consumo de combustible	36.661 t/h PCI
Potencia eléctrica de turbina	10.235 kW
Potencia media de auxiliares	921 kW
Rendimiento bruto	24%
Rendimiento neto	21,8%

La planta ha sido diseñada para un funcionamiento automatizado y sin requisitos de intervención de operadores en situaciones de normal funcionamiento. No obstante, se contempla la existencia de un operador para la supervisión general de la planta.

Caldera de biomasa

La caldera de vapor ha sido diseñada por la firma Standard Biomass para la utilización de orujillo, junto con otras biomasas, como combustible. Entre estas biomasas se encuentran poda de olivar, matas de algodón y cultivos energéticos.

La caldera quema aproximadamente 10.350 kg/h de biomasa, produciendo 41,6 t/h netas de vapor en marcha continua, a 42 bar (a) de presión y 403 °C de temperatura. El vapor se conduce a la turbina, la cual lo expande hasta 0,1 bar (a), salvo una extracción no controlada,

a 3 bar (a), para alimentación del desgasificador del ciclo de 2 t/h. La caldera tiene una disponibilidad de 7.800 h/año a plena carga.

La caldera es de tipo acuotubular, vertical, de paredes de tubos membranados. Las paredes membranadas están confeccionadas por tubos lisos y pletinas soldadas longitudinalmente por procedimientos automáticos, confiriendo al cuerpo de caldera una gran resistencia mecánica, estanqueidad y refrigeración de las áreas de transferencia de calor.

En este caso particular, la caldera es de tipo radiante. Es decir no existe ningún haz evaporador antes de los haces sobrecalentadores. Toda la evaporación se produce mediante transferencia de calor por radiación y convección sobre las paredes membranadas de la caldera. Estas cavidades la forman un hogar principal de 5x5,8x16 m de altura y dos pasos radiantes vacíos de sección 1,5x 5 m y 16 m de altura. Este diseño reduce el ensuciamiento de la caldera al minimizar los haces tubulares en el interior de la misma.

La sección del haz sobrecalentador está formada por cuatro bancos de tubos con un atemperador intermedio tipo *spray* para mantener constante la temperatura del vapor sobrecalentado a turbina. Los primeros bancos están diseñados a contracorriente del flujo de vapor respecto a los gases de combustión y el último banco, de alta temperatura, está a equicorriente. Con ello se garantiza que las temperaturas de metal de los tubos no sobrepasen cierta temperatura y evitar corrosiones por alta temperatura.



Biomass-fired power plant

The main elements of the power-generating plant installed at this complex include an oscillating-grate steam generator, mainly fuelled with olive mash, and a condensing steam turbogenerator.

The main features of the cycle are:

<i>Fuel availability</i>	<i>82,800 t/year</i>
<i>Time in operation</i>	<i>8000 h/year</i>
<i>Fuel consumption</i>	<i>36,661 t/h</i>
<i>Turbine power output</i>	<i>10,235 kW</i>
<i>Average power rating of auxiliaries</i>	<i>921 kW</i>
<i>Gross efficiency</i>	<i>24%</i>
<i>Net efficiency</i>	<i>21.8%</i>

Biomass boiler

The biomass fuelled steam generator was designed, supplied and erected by the company Standard Biomass. It is of the vertical, water tube, radiant type, with membrane piping. The boiler is designed to burn olive meal, along with other biomass, such as olive orchard prunings, cotton plants and energy crops.

The boiler burns approximately 10,350 kg/h for a net production of 41.6 t/h of steam running continually at a pressure of 42 bar(a) and a temperature of 403° C. The steam is sent to a turbine in which it is expanded to 0.1 bar(a) except for an uncontrolled extraction of 2 t/h at 3 bar(a), to supply the degasifier of the steam cycle. The boiler has an availability of 7800 h/year at full load.

Finalmente se encuentra en la parte de baja temperatura de gases, el haz economizador, formado por ocho bancos. También, para minimizar el ensuciamiento de la caldera, todos los flujos de gases a través de los bancos son descendentes, con lo que la eficiencia de los sopladores de hollín se acrecienta.

La totalidad de tubos utilizados son de superficie lisa y las temperaturas de gases y velocidades de los mismos adecuadas para prevenir ensuciamientos y depósitos sobre la superficie de los mismos.

El **sistema de combustión** es a base de una parrilla móvil de tipo oscilante, accionada hidráulicamente, en conjunto con un sistema de *spreaders* alimentadores de biomasa que lanzan el combustible en suspensión produciéndose una combustión uniforme, quemándose sobre parrilla aquellas partículas de mayor granulometría y humedad.

La **distribución del aire de combustión** en la caldera es óptima y dispone de cuatro ventiladores centrífugos diferentes para este fin más un potente ventilador de tiro inducido, dando una enorme flexibilidad de funcionamiento y de control sobre las temperaturas de los gases en cada zona. Todos estos ventiladores van controlados por variadores de frecuencia, lo que optimiza, tanto el punto de trabajo de los mismos como los autoconsumos de la instalación.

La **extracción de escorias** se realiza de forma automática por la parte inferior de parrilla y pa-



sos de gases siguientes. El recogedor es de tipo *redler*, con cámara inundada de agua que permite el enfriamiento de las cenizas y la estanqueidad del sistema con el hogar. Está construido íntegramente en acero inoxidable.

La caldera lleva incorporado un sistema de control Siemens Simatic S7 + Scada que controla la carga de caldera, control de nivel, temperatura de vapor sobrecalentado etc, además de visualizar en pantalla todas las indicaciones de presión y temperatura tanto de gases como de vapor.

Tanto la gran amplitud del hogar como los dos pasos vacíos que se encuentran tras él, confieren a la caldera una estabilidad de trabajo óptimas, tanto en presión como en temperatura.

La instalación incluye un sistema de medición y monitorización continua de emisiones de partículas, CO y O₂.

En conjunto la instalación supone una solución fiable, generosamente dimensionada y técnicamente avanzada para conseguir las cotas de disponibilidad anual requeridas a plena carga.

Sistema de alimentación de combustible

El sistema automático de alimentación de combustible permite introducir el combustible a la parrilla desde el punto de almacenamiento. Ha sido diseñado y suministrado por la firma Talleres Rosal. Está compuesto por dos sistemas independientes de alimentación con los siguientes elementos:

- Grúa de carga, que incluye pala recogedora y railes para desplazamiento bidireccional del carro, así como control automático.
- Cinta transportadora, con compuerta anti-retorno de llama.
- Silo - dosificador de alimentación de combustible al hogar, con compuertas de control de carga y protección anti-retorno de llama, accionadas por cilindro neumático.

The combustion system employs a hydraulic oscillating grate in conjunction with biomass spreader feeders that cast the fuel onto the hearth for suspension firing to produce uniform combustion. The biggest and moistest particles burn on the grate.

Four centrifugal ventilators and a powerful induced draught fan are installed to achieve optimal combustion-air distribution. This arrangement provides great operating flexibility and control of the gas temperature in each zone. All of these ventilators are controlled by frequency variators, for efficient operation and minimum power consumption.

Ash is removed automatically from underneath the grate and subsequent gas passages. The ash collector is of the redler type, with a water flooded chamber for efficient ash cooling.

The boiler is equipped with a Siemens Simatic S7 + Scada control system that controls the boiler load, level, superheated steam temperature, etc. All the gas and steam pressure and temperature levels can be viewed on a screen.

The automatic fuel feeding system includes a loading crane, able to travel in both directions on rails, conveyor belt with flame trap, and doser silo, with air driven load control gates.



Sistema de depuración de gases

Para cumplir con los límites marcados por la legislación europea y local en materia de emisiones gaseosas a la atmósfera, la caldera cuenta con un sistema de depuración de gases consistente en un filtro de mangas Fivepulse, suministrado por Fivemasa, con mangas filtrantes GORE-TEX[®] y con apagachispas.

El filtro está formado por ocho cámaras o compartimentos aislados con válvulas a la entrada y salida, que pueden limpiarse en línea o fuera de línea. Cuentan con tecnología de mangas filtrantes de laminados de ePTFE de GORE-TEX[®], producidos por la empresa W.L. Gore & Associates Inc., y cubren diferentes necesidades dentro de la cadena de limpieza del gas de combustión.

Ofrecen una larga vida útil y una alta permeabilidad del laminado. Además presentan un alto índice de retención de las partículas submicrónicas (máx. volumen de emisión de polvo < 10 mg/m³) y una excelente captación de polvo de orujillo.

El polvo queda retenido en la superficie de la membrana de las mangas, saliendo los gases limpios a un plenum exterior, desde donde son enviados a través de un ventilador de extracción a la chimenea de evacuación. Las mangas van montadas verticalmente, pasando los gases del exterior al interior de las mismas.

Las tolvas del filtro están dotadas de un sistema eléctrico de calentamiento. El sistema de limpieza de las mangas se controla mediante un programa automático, gobernado por la presión diferencial del filtro o el intervalo de tiempo programado. La descarga de polvos se efectúa mediante un tornillo sinfín y se controla mediante dos válvulas rotativas. Para evitar condensaciones, el sistema de descarga va calorifugado y calentado eléctricamente.

Los conductos de humos en zonas de baja temperatura están internamente forrados para prevenir corrosiones. Están fabricados con chapas de acero con bridas de conexión, y cuentan con soportado, bocas de inspección y conexiones flexibles en todos aquellos lugares con altas diferencias de temperatura. Además están debidamente calorifugados y diseñados para una velocidad máxima de 12 m/s.

El sistema incluye los equipos necesarios, con sus correspondientes cableados, para la medi-



ción de parámetros de los humos como: temperatura, presión y contenido de O₂ y CO₂ en humos.

Turbogenerador de vapor

El vapor generado en la caldera se destina a mover una turbina que a su vez acciona el alternador generador de energía eléctrica. Se trata de una turbina, como ya decíamos anteriormente fabricada por Navantia bajo diseño de Mitsubishi de 9,8 MW de potencia.

Las características nominales del grupo turbogenerador son:

Potencia máxima	9.820 kW
Presión de vapor de admisión	40 bar (a)
Temperatura de admisión	400 °C
Caudal máx. admisión vapor	41.600 kg/h
Presión de vapor exhaustación	0,08 bar (a)
Velocidad de la turbina	6.052 rpm
Velocidad del alternador	1.500 rpm.

El generador, suministrado por Indar, es de tipo síncrono, trifásico y sin escobillas, de 12.275 kVA. Genera a una tensión de 11 kV, con un factor de potencia de 0,8. Está diseñado para servicio continuo y refrigerado por aire.

El grupo turbogenerador cuenta también con sistemas de protección, sistemas de control, medida y sincronismo, entre otros.

Redes de agua y vapor

La conexión entre el sistema formado por la caldera de biomasa y el turbogenerador se lleva a cabo mediante dos redes de fluidos: red de vapor y red de agua de alimentación. Ambas presentan características y funcionamiento similares a los descritos para la red de agua y vapor de la planta de cogeneración.

Gas scrubber system

To comply with the gas emissions limitations stipulated in EU and local standards, the boiler is fitted with a gas purification system consisting of a Fivepulse bag filter, supplied by Fivemasa, with 1322 filtering elements and a spark extinguisher.

The filter is formed by eight isolated chambers or compartments with valves at their inlets and outlets. The bags can be cleaned on line or off line. They are based on GORE-TEX[™] ePTFE laminate technology, and respond to different needs in the combustion gas scrubbing process.

The filter hoppers are fitted with an electric heating system. The discharge system includes electric heating and thermal insulation to avoid condensation.

Steam turbogenerator

The steam raised in the boiler is used to move the turbine that in turn drives an alternator to generate electricity.

The main specifications of the generator are:

Maximum power output	9820 kW
Admission steam pressure	40 bar(a)
Admission temperature	400 °C
Max. flow of admission steam	41,600 kg/h
Exhaust steam pressure	0.08 bar(a)
Turbine speed	6052 rpm
Alternator speed	1500 rpm

Indar supplied a 12,275 kVA three-phase, synchronous, brushless alternator. As previously mentioned, this alternator generates at 11 kV, with a power factor of 0.8.



Sistemas comunes

Aerocondensador

El diseño planteado en el proyecto inicial, contemplaba la condensación de los ciclos de vapor por medio de agua en un sistema de torres de refrigeración. La captación de agua prevista se realizaría a partir del canal de riego Genil-Cabra, existiendo la correspondiente planta de tratamiento de agua por ósmosis inversa para adecuar sus características a las exigencias en las torres y para aportes de reposición de purgas de calderas. Las mayores necesidades de agua se generarían en la reposición del agua evaporada en las torres y una pequeña parte en la reposición de purgas de calderas.

Las características del agua de captación del citado canal de riego obligaron a modificar el sistema propuesto. Después de estudiar diversas alternativas se optó por la instalación de un sistema de condensación por aire.



Dimensiones de implantación.....	100x20x15 m
Caudal de vapor.....	61.600 kg/h (20.000 kg/h turbina planta cogeneración+ 40.000 kg/h turbina planta de biomasa)
Entalpia del vapor.....	2.299,5 kJ/kg
Presión de condensación.....	100 mbar
Título del vapor.....	0,88
Temperatura del aire.....	25 °C
Superficie de intercambio.....	90.000 m ² (aprox.)
Ventiladores.....	7 ventiladores Howden accionados por motores ABB de 110 kW con reductores Ralpe
Regulación caudal de aire.....	Variadores de frecuencia en los ventiladores
Sistemas de vacío.....	Eyectores con vapor motriz a 25 barg 400 °C
Nivel de presión sonora a 1 m.....	85 dB

Los datos de diseño del aerocondensador, diseñado e instalado por la firma GEA Ibérica, y que da servicio a las dos turbinas de vapor existentes en la planta, se presentan en la tabla anterior.

La condensación del vapor de salida de las turbinas se realiza en 42 haces de tubos aleteados, lo que incrementa su área de transmisión, mediante los cuales el vapor de salida que circula por su interior, transfiere el calor de condensación al aire que es conducido a través de ellos por medio de los ventiladores.

El sistema se completa con estructura galvanizada, tanques y bombas de condensado, conducto de entrada y distribución de vapor, paredes cortaviento para evitar recirculaciones y escaleras y plataformas de servicio y mantenimiento.



Common systems

Air condenser

The initial plant design contemplated condensing the steam cycles with water in a cooling tower system. The water employed was to come from the Genil-Cabra Irrigation Canal. However, the characteristics of the water in the Canal made it necessary to modify the system proposed. After studying several alternatives, an air-cooled condensing system was finally installed.

The air condenser, that services both of the steam turbines, has an exchange surface of 90,000 sq m and admits a steam flow of 61,600 kg/h with an enthalpy of 2299 kJ/kg. The whole condensing system was designed and installed by the firm GEA Ibérica.

The turbine outlet steam is condensed in 42 finned-pipe bundles, to increase the transmission area. The system also includes condensate tanks and pumps, steam inlet and distribution pipes and wind traps to prevent recirculation. It is mounted on a galvanised structure equipped with service and maintenance ladders and platforms.

De los siete módulos que componen el aerocondensador cuatro corresponden a la turbina de la planta de biomasa y tres a la turbina de la planta de cogeneración. No obstante el condensador ha sido diseñado para trabajar para el funcionamiento de ambas turbinas conjunta o separadamente.

Planta de tratamiento de agua

El dimensionamiento de esta planta, eliminadas en el nuevo diseño las torres de refrigeración, quedó reducido únicamente al agua necesaria para las aportaciones de agua a las calderas para reposición de las purgas de las mismas.

La planta de tratamiento de agua, diseñada y suministrada por Sadyt (grupo Sacyr-Vallehermoso), es una planta de doble paso de ósmosis, seguida de un sistema de electrodesionización (EDI), y dispone, para minimizar el rechazo, de un concentrador de salmuera.

Los vertidos de la misma se reducen, por tanto, al concentrador de salmuera, los rechazos del EDI y las ocasionales limpiezas de la prefiltración.

En función de los diferentes modos estacionales de operación, la capacidad de alimentación de agua osmotizada y desmineralizada del conjunto de la planta es de 3,5 m³/h.

La planta dispone de instalaciones auxiliares de dosificación de coagulante y acoitivos, regulación de pH, tanques intermedios y un depósito pulmón de agua desmineralizada de 100 m³.

Tanque de agua/desgasificador

La función de este equipo, que da servicio a las tres plantas es:

- Aportar agua tratada para reposición de purgas y fugas de los ciclos de agua/vapor de las calderas.
- Desgasificar los ciclos agua/vapor de las calderas.
- Ejercer de tanque de almacenamiento de agua de alimentación a las tres calderas, manteniendo una temperatura de salida de ésta mediante la aportación de vapor.

Balsa de acumulación

Los rechazos de la planta de ósmosis (variables en función del agua de toma) conjuntamente con las purgas de caldera y con los de la plan-

ta de tratamiento de vertido de la extractora se gestionan de modo integral y se controlan automáticamente para garantizar el cumplimiento de las condiciones de vertido a cauce público marcadas en la normativa vigente.

Como consecuencia de la imposibilidad de verter determinadas cantidades de rechazos de la ósmosis entre noviembre y mayo, es obligada la acumulación de esos vertidos en una balsa para su posterior eliminación. Además de los rechazos de la planta de ósmosis también se recogen en esta balsa los lixiviados del parque de orujillo y las aguas de escorrentía de zonas sucias.

Además de la balsa de aguas sucias se ha considerado que las balsas de recepción de alperujo, al final de cada campaña cuando se encuentran vacías, actúen como balsas de evaporación.

E.D.A.R.

La planta dispone de una Estación Depuradora de Aguas Residuales industriales diseñada y construida por Sadyt en la que se lleva a cabo un proceso de depuración biológica por aireación prolongada con tecnología de biorreactor de membrana (MBR).

El tratamiento consta de las siguientes etapas:

Pretratamiento: tamizado con eliminación de residuos. By-pass, bombeo de agua a homogenización, homogenización y regulación de pH, tratamiento físico-químico y equipo de flotación, bombeo al tratamiento biológico.

Tratamiento biológico: aireación prolongada con nitrificación-desnitrificación, recirculación de agua, desinfección.

Tratamiento de fangos: bombeo de fangos, espesado de fangos por gravedad, estabilización por cal, deshidratación de fangos.

Por diseño constructivo y aprovechando las pendientes naturales de la parcela todas las escorrentías de aguas pluviales sucias y lixiviados que se producen dentro del recinto, así como los vertidos de los procesos de extracción física y química acaban vaciando en un canal de hormigón de 0,8 m de ancho por 2 m de profundidad y 200 m de largo, las aguas sucias recogidas pasan por un decantador de sólidos y son bombeadas a una balsa de 30.000 m³ donde se almacenan, para su homogenización y posterior tratamiento en la EDAR.



Water treatment plant

The water treatment plant, designed and supplied by Sadyt (of the Sacyr-Vallehermoso Group), is a double passage reverse osmosis plant with an electro de-ionisation (EDI) system. A brine concentrator is installed to minimise the reject. In function of the different seasonal operating modes, the plant's osmotised demineralised feedwater capacity is 3.5 m³/h.

A feed water/degasifier tank is also installed for topping-up the boiler feeding system, degasifying the water/steam cycles and for storage of the feeding water of the three boilers: CHP, biomass and oil extraction.

The reject from the reverse osmosis plant (which varies depending on the intake water), along with the boiler drainage water and the reject from the treatment plant of the water eliminated from the oil extractor, are managed integrally and automatically controlled to guarantee compliance with the water quality standards in force for water dumped into a public water source.



Instalación eléctrica

Para la alimentación a los secaderos y demás consumos de la planta, se dispone de un centro de transformación en 132 kV, tensión a la que se interconecta con la red eléctrica.

La instalación gestiona la energía eléctrica producida por los grupos turbogeneradores de gas y de vapor. Los tres generadores se conectan al embarrado de 132 kV a través de transformadores elevadores, con relación de transformación 11/132 kV.

La interconexión de los turbogeneradores con la red de la compañía eléctrica, se efectúa por medio de un único interruptor automático, situado en el lado del transformador en 132 kV, y que es común y compartido por ambas instalaciones.

Ambas centrales, tanto la de cogeneración como la de generación, disponen de un sistema de sincronización automático para cada generador, así como de relés de comprobación de sincronismo, con el fin de garantizar una adecuada maniobra de acoplamiento.

Sistema de alta tensión (132 kV)

Consta de los siguientes elementos comunes a la planta de secado de alperujo y extracción de aceite de orujo de oliva con cogeneración asociada, y a la planta de generación a partir de biomasa:

- Sistema de llegada.
- Sistema de T.T.
- Interruptor de protección general (DYP).
- Sistema de protección.
- Sistema de medida.
- Autoválvulas-pararrayos.

Tanto la central de cogeneración como la de generación cuentan con un transformador de potencia trifásico en baño de aceite con depósito de expansión, de 11/132 kV y 12 MVA.



Sistema de media tensión

Para la instalación de cogeneración el sistema de media tensión es de 11 kV e incluye, para cada generador: transformador de tensión, para la sincronización y equipo de protección del grupo de cogeneración.

En el caso de la central de generación eléctrica a partir de biomasa, el sistema de media tensión es de 11 kV y está compuesto por: interconexión de 11 kV con la instalación de generación, celdas en instalación de generación y transformador de potencia de auxiliares de 11.000/440 V y 1.250 kVA.

Se dispone de **protecciones de interconexión** para garantizar la desconexión del interruptor general en caso de fallo.

Para garantizar una reserva de energía, para el funcionamiento del mando y motor del DYR, así como para la tensión auxiliar de funcionamiento de las protecciones y para el resto de servicios que lo necesiten, se ha instalado un sistema de baterías con su cargador.

Ambas centrales disponen de un **sistema de sincronización** manual-automático para cada uno de los generadores, así como de un relé de sincronismo. Para realizar la sincronización de los generadores, se han montado tres trafos de tensión antes de cada uno de los generadores y otros tres después de los mismos.

Se ha previsto la **alimentación en baja tensión a los auxiliares** de cogeneración desde el embarrado de generación de las turbinas, mediante un transformador de relación 11 /0,4 kV, y a los auxiliares de la instalación de generación mediante un transformador similar.

La planta ha sido equipada en su totalidad con accionamientos para motores eléctricos de la firma Emotron, tanto en arrancadores estáticos como en variadores de velocidad para regulación de grupos de bombas y de ventiladores, transportadores, granadoras, etc.... Todos los accionamientos Emotron equipan un sistema de control y protección de maquinaria y procesos a través del control del par motor, que permite optimizar el funcionamiento de la planta evitando costosas averías y tiempos de parada, lo que supone una mejora de la productividad. La instalación de los equipamientos Emotron supone también un importante ahorro en el consumo energético, gracias a su avanzada tecnología en el control y accionamiento de motores.

Electrical installation

As already mentioned in previous chapters of this report, there are three electric power generators in the Puente Genil plant:

- Gas turbine driven 14,250 kW alternator
- Steam turbine driven 4,460 kW (CHP plant)
- Steam turbine driven 10,235 kW (biomass boiler)

All of them produce electricity at an output voltage of 11 kV. A transformer plant to raise the voltage of the electricity produced to the 132 kV required to power the dryers and other consumers in the plant is installed. This is also the voltage of the interconnection with the public grid.

This high voltage facility is equipped to manage the electricity produced by the gas and steam turbogenerators. The three generators are connected to the 132 kV bus bar through booster transformers of a ratio of 11/132 kV. The interconnection of the turbogenerators to the grid takes place through a single automatic switch located on the 132 kV side of the transformer. This switch is common to all of the generators, both in the CPH plant and the biomass fuelled plant.



The medium voltage grid (11 kV) connects the electrical output of the two turbo-generating sets of the CHP plant (gas and steam) and the turbo-generating set using the steam produced in the biomass plant.

Both plants are arranged with automatic synchronisation for each generator, along with synchronism check relays, in order to guarantee adequate coupling operations. Circuit breakers are installed to guarantee that the grid switch is cut off in case of a failure in the grid or the plant.

There is also a low voltage grid (440V) for supplying electricity to auxiliary equipment. This is fed by a 11,000V/440V, 1250 kVA transformer.

Sistema de control y monitorización

El sistema de control de la planta, integra en un mismo sistema las tres plantas o subsistemas existentes:

- Planta de cogeneración en ciclo combinado (Compañía Energética de Pata de Mulo, S.L. CEPALO).
- Planta de biomasa (Biomasa de Puente Genil, S.L.).
- Planta de secado (Secaderos de Biomasa S.L., SEDEBISA).

Se ha diseñado con el fin de disponer de redundancia en cuanto al control de sistemas comunes a ambas plantas.

Los diferentes equipos son controlados por diversos cuadros de control basados en PLC's.

Genelek ha suministrado en esta instalación los cuadros de control, protección y sincronismos de las dos turbinas de vapor y también el cuadro de comunicaciones y control de subestación eléctrica. Genelek ha realizado así mismo el sistema de automatización de los tres secaderos de alperujo.

El sistema de monitorización de la planta, dispone de tres puestos de operador independientes y redundantes basados en un *software* de aplicación SCADA



desarrollado por Genelek, que recoge la información completa de la planta.

El sistema integra en la red de comunicaciones y en los puestos de monitorización los diversos equipos de planta: turbina de gas natural, turbinas de vapor, caldera de biomasa, secaderos, caldera de recuperación gases de turbina de gas, sistema de transporte de biomasa, sistema de filtrado y sistema de tratamiento de agua por ósmosis.

Las comunicaciones entre PLC's y sistema de monitorización se realizan en base a una red ETHERNET mixta en la cual hay varios PLC's conectados en Fast Ethernet 100Base TX y un PLC remoto de control de subestación comunicado en Fast Ethernet 100Base FX multimodo.

Existe una red de comunicación en PROFIBUS DP con equipos periféricos. La comunicación se realiza mediante *software* S7 para equipos Siemens, CX Server para equipos Omron y comunicaciones bajo estándar OPC con los sistemas de control de la turbina de gas natural.

Existe una segunda red de comunicaciones ETHERNET a nivel de red local entre sistemas PC de la planta para intercambio de información, compartir impresoras en red, etc.

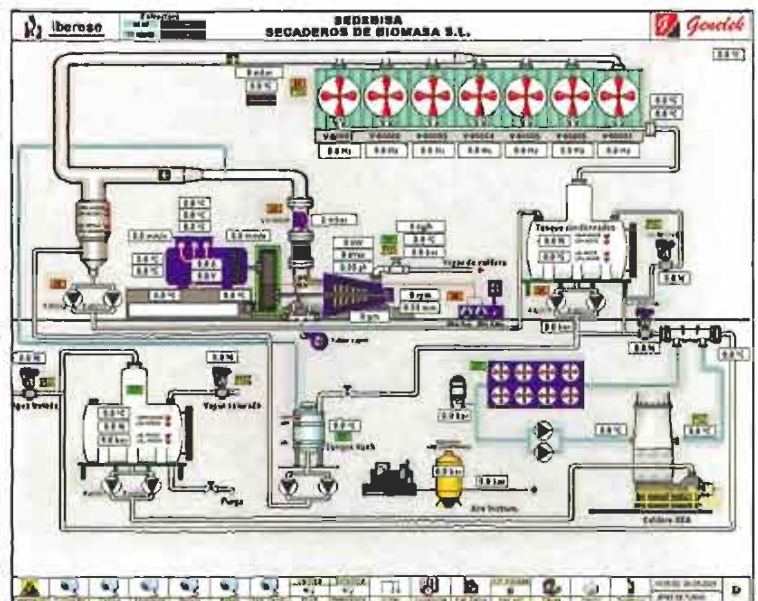
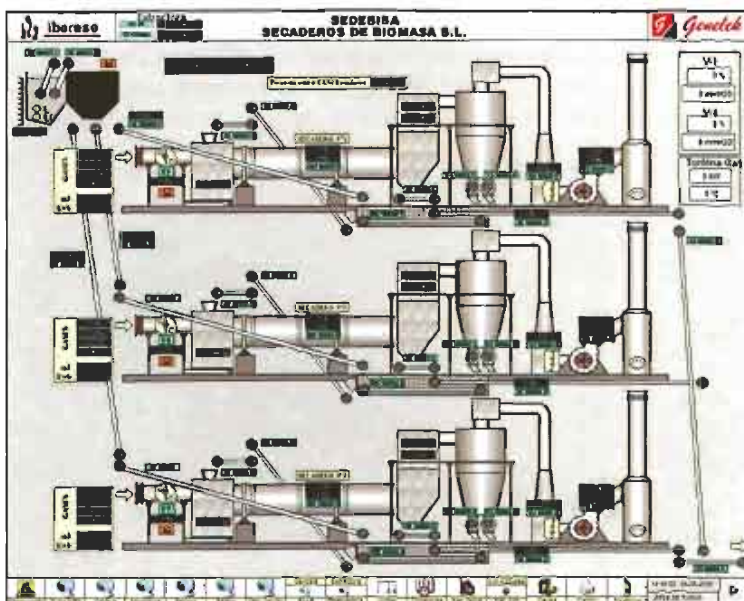
Se dispone también de un sistema de comunicaciones remoto que permite realizar telegestión remota e incluso programación de los PLC de planta a distancia.

Genelek ha realizado un desarrollo propio en cuanto al sistema de automatización de los tres secaderos de alperujo consiguiéndose unos resultados de automatización muy elevados y no conseguidos hasta este momento en el sector.

Uno de los puntos clave en la regulación de los secaderos es el de combinar la alimentación de producto húmedo y seco al mezclador con el fin de conseguir un grado de humedad óptimo para su secado en el interior del secadero. Para ello se actúa sobre los variadores de velocidad de alimentación de producto húmedo y de producto seco al mezclador.

Se mantiene también constante la depresión en el interior del secadero mediante un lazo PID sobre el variador de frecuencia del ventilador de tiro.

Otro parámetro importante de regulación es el de la velocidad de giro del secadero actuando mediante lazo de regulación PID sobre el variador de frecuencia del motor de giro.



Los trabajos realizados por Aislamientos Figueroa, S.L. en las plantas de cogeneración de Compañía Energética de Pata de Mulo y generación de Biomásas de Puente Genil, se resumen básicamente en dos:

- Calorifugado del 95% de los equipos y tuberías de la planta, tales como:
 - Aislamiento de la caldera de biomasa y filtro, y de los conductos de los mismos.
 - Aislamiento de los conductos de los secaderos
 - Aislamiento de desgasificador y equipos
 - Aislamiento de las tuberías de la planta
- Fabricación, suministro y montaje de conductos helicoidales de chapa galvanizada para extracción de turbinas y transporte de gases de calderas.

Dadas las características de la planta se han utilizado materiales aislantes y chapa de primera calidad con las densidades y espesores adecuados a las necesidades y características de cada una de las instalaciones.

En función del fluido que circula por las distintas tuberías y equipos de la instalación, los trabajos de calorifugado

Aislamientos de la Planta de Cogeneración y Generación



se pueden dividir de la siguiente manera:

- Conductos de gases: sus dimensiones oscilan entre diámetros de 1.000 a 2.200 mm. Su aislamiento consiste en utilizar mantas de lana mineral de roca de 100 kg/m³ de densidad y espesores desde 50 hasta 200 mm en función de la temperatura de los fluidos que discurren por su interior. Los trabajos se completan con la fabricación y montaje de un recubrimiento metálico de aluminio en espesores de 0,8 y 1 mm, sujeto con tornillos rosca-chapa de acero inoxidable.
- Caldera, desgasificador y equipos: al igual que en el conducto de gases, se han utilizado mantas de lana mineral de roca de 100 kg/ m³ con un espesor

de 50 mm, terminado con un recubrimiento metálico en chapa de aluminio.

- Tuberías: sus dimensiones oscilan entre 28 y 273 mm de diámetro, las cuales han sido aisladas basándose en coquillas de lana mineral de roca en espesores que oscilan desde 40 hasta 200 mm, con acabado en aluminio.

La reducción del flujo de calor aportado por el aislamiento, supone en primer lugar un ahorro importante en la partida correspondiente al ahorro energético, pero también posibilita el transporte de fluido a grandes distancias, con variaciones muy pequeñas en la temperatura del mismo. Otra parte importante a considerar como consecuencia de la reducción de fugas térmicas, es el control de la tem-

peratura de la superficie exterior (cara fría), que puede suponer un riesgo para las personas, así como evitar su incidencia sobre la temperatura ambiente en las instalaciones con la presencia de personas.

Con relación a los conductos helicoidales de chapa galvanizada, éstos se han fabricado y montado de acuerdo a las normas UNE vigentes para la instalación de conducciones de extracción de gases de turbinas y calderas. Todos los conductos de chapa galvanizada han sido fabricados en las nuevas instalaciones de Aislamientos Figueroa en Jerez de la Frontera así como el recubrimiento metálico de aluminio de las tuberías, realizándose a pie de obra el montaje de los mismos. La actual infraestructura de esta firma le permite realizar trabajos de excelente calidad y resultado final acortando sustancialmente los periodos de ejecución de las tareas.

Por último, cabe destacar que Aislamientos Figueroa, S.L. posee una amplia experiencia entre las empresas de su sector en la instalación de plantas de cogeneración, teniendo en su curriculum una amplia lista de instalaciones realizadas a lo largo de toda la geografía nacional.



Instalaciones auxiliares

Con el objetivo de disipar el calor de radiación de los grupos turbogeneradores, se han instalado **sistemas de ventilación** para aspiración de aire exterior e introducción en el interior de las salas de turbina, y rejillas de extracción de aire de dicha sala.

También se prevé la extracción del calor generado en las salas donde van ubicados los transformadores de potencia y las cabinas metálicas.

La **instalación contraincendios** en la planta de cogeneración está compuesta por una central de detección de incendios de dos zonas para la sala de control, con un detector óptico y dos iónicos, con indicadores ópticos y acústicos de alarma. También se han instalado un equipo de extinción fijo mediante CO₂ para la sala del transformador y la sala de celdas.

Y cuenta con detectores ópticos y termovelocimétricos, y con extintores de CO₂.

Se ha instalado un equipo de **acondicionamiento de aire** para la sala de control, formado por una unidad de climatización para producción de frío con una capacidad de 3.000 frigh, compuesta por una unidad motcondensadora tipo aire-aire y una unidad evaporadora aire-aire con mueble, para instalación sobre suelo.

Para abastecer de aire comprimido los equipos de la planta, se ha montado un **compresor de aire**. El aire comprimido, filtrado y secado, se envía a cada uno de los equipos consumidores, en especial, válvulas y turbinas.

Obra civil

La instalación de cogeneración va sobre una cimentación de hormigón, diseñada y convenientemente preparada para la ubicación de la planta. La bancada de la turbina es el elemento donde gravita el grupo turbogenerador de gas, que se suministra compacto y con envolvente acústica.

Para eliminar la transmisión de vibraciones a las turbinas de los edificios colindantes, y viceversa, se ha colocado un corcho que aísla convenientemente el bloque de la bancada de cada turbina.



© InfoPower

Se ha previsto la instalación de las salas de control, celdas de media tensión y transformadores. Las interconexiones entre cada grupo y los cuadros de control se han llevado a cabo bajo el falso suelo de la sala de control, utilizando los huecos previstos. Esta sala de control tiene una ventana de marco metálico, para poder observar el grupo desde el puesto de control.

La obra civil ha sido realizada por la empresa Espejo Vela, S.A.

Consideraciones ambientales

Emisiones atmosféricas

La instalación de cogeneración únicamente supone un incremento de emisiones en forma de gases, sin que por ello se produzcan humos, olores, nieblas o polvos en suspensión. Además funciona con un combustible exento de azufre, por lo que los únicos contaminantes presentes en los gases emitidos serán el óxido de nitrógeno en sus diversas formas (NO_x) e inquemados (CO).

Dicha instalación puede funcionar de dos modos diferentes:

- Funcionamiento de emergencia y durante los arranques, en que los gases procedentes de la turbina no se envían a la caldera de recuperación ni a los secaderos, sino que salen directamente a la atmósfera a través de una chimenea de *by-pass*. Su composición, al 15% de oxígeno en humos, es la siguiente: CO < 76 mg/Nm³, NO_x < 288 mg/Nm³, Opacidad Bacharach < 1
- Funcionamiento normal, enviando los gases a los secaderos y los sobrantes a la caldera de recuperación, produciendo el vapor requerido y emitiendo los gases de escape fríos a la atmósfera. De esta ma-

Environmental issues

Emissions

The only emissions from the cogeneration plant are gases free of smoke, odours, mist or air-borne dust. The fuel burned in the plant (natural gas) is also free of sulphur. Therefore the only pollutants present in these gas emissions are nitrogen oxide in its different forms (NO_x) and unburned gas (CO). None of the emissions levels exceed the limits established by the applicable standards.

Even in starting or emergency operating modes (flue gas from the turbine directly sent to the atmosphere through the by-pass duct), the emission values are in strict compliance with the established limits:

- CO, under 76 mg/Nm³
- NO_x, under 288 mg/Nm³
- Opacity, Bacharach index, under 1

In normal operation (flue gas to dryers and to the heat recovery boiler, cold exhaust gases to the atmosphere) the gas emission levels are under those produced in starting or emergency conditions.

The 27-m by-pass flue complies with the height requirement for emissions and the plume concept established in the legislation in force. Likewise the boiler smokestack exceeds the required minimum height.

The boiler gas scrubbing system in the power generating plant is based on a bag filter system, as described earlier in this report. And, in this case, too, the stack exceeds the minimum required height.

Noise and vibrations

The cogeneration facility produces noise at three different points:

- Combustion chamber air intake system
- By-pass smokestack
- Turbine



© InfoPower

INTEKIA Ingeniería de Sistemas (empresa del grupo ZIV) ha llevado a cabo el suministro "llave en mano" de un Sistema Integrado de Protección, Control y Medida para las plantas de cogeneración y generación. El alcance del proyecto consistió en el suministro de los equipos de protección y control para las siguientes posiciones eléctricas: una posición de llegada de línea de 132 kV, dos posiciones de transformador 132/11 kV, y dos puntos de facturación (principal y redundante).



Sistema integrado de protección, control y medida

El suministro incluyó además otra serie de servicios, entre los que cabe destacar los siguientes:

- Ingeniería eléctrica y desarrollados para la ejecución de la obra.
- Cableado y montaje de los equipos en bastidores, que con la programación adecuada se enviaron a obra totalmente programados.
- Puesta en servicio de las protecciones y sistema de control en la obra.
- Formación del personal de obra y mantenimiento.

El Sistema Integrado de Protección y Control (SIP-CO) se compone de:

Unidad central de subestación (CPX)

Está diseñada para resolver todas las necesidades

de comunicación y de tratamiento de datos de los equipos de protección, control y medida de la subestación, proporcionando nuevas funciones que aprovechan al máximo la información de que disponen estos equipos. Destacan como características más notables, su diseño específicamente dirigido a los requisitos y aplicaciones de las subestaciones eléctricas, y su concepción abierta, mediante la utilización de arquitecturas de *hardware* y *software* modulares.

La CPX está en comunicación con los equipos locales, recibiendo la información correspondiente y enviando las órdenes de mando. Mediante esta comunicación se conoce en tiempo real el estado completo de la subestación, pudiéndose

disponer de los registros cronológicos (y de los informes de faltas) para el estudio de las causas de faltas o perturbaciones y el control del mantenimiento.

Consola de operación local (PCD)

Consiste en un PC compatible que se conecta a la unidad central CPX a través de una red local (LAN), destinada al efecto. La estructura *software* del equipo está constituida básicamente por el sistema operativo Windows™ sobre el que se hace correr el *software* Ziversys™, el cual tiene las siguientes características y prestaciones: adquisición de datos del sistema, representación mimica de los unifilares, posibilidad de realizar operaciones de mando manuales, tratamiento de alarmas e informes, visualización de **históricos de magnitudes físicas**.

La firma Ditecsa ha participado en la construcción de las plantas de cogeneración y generación de Puente Genil, con el suministro de diversos equipos, así como el montaje de diferentes sistemas de la planta. El plazo de ejecución de los trabajos fue de tres meses.

Suministro, fabricación y montaje de los conductos de gases de escape

Dentro de este paquete se consideran los conductos de gases de escape del turbogenerador, la chimenea de *by-pass*, la conexión con caldera y los tres secaderos. Están construidos en 15Mo3 y son utilizados para vehicular gases a una temperatura media de 490 °C.

Montaje de dos turbogeneradores de vapor

Los turbogeneradores llegan a obra en un bastidor que soporta la turbina, engranaje reductor, alternador

Descripción de los trabajos realizados por Ditecsa en las plantas de Puente Genil

y *piping* de entrada y salida. El posicionamiento se realizó introduciendo la bancada por la puerta de la nave, utilizando una grúa de 100 t/m con sus correspondientes contrapesos y con la utilización de raíles auxiliares para el movimiento horizontal de las turbinas de 67.900 kg.



Montaje de la caldera de vapor auxiliar

Esta partida del suministro de Ditecsa ha comprendido el montaje tanto de la propia caldera como del economizador, así como de la chimenea y del grupo de bombeo.

Instalación y montaje de los compresores de aire

Suministro, fabricación y montaje del rack de tubería que discurre por toda la planta

Instalación mecánica de los siguientes servicios

- Aire comprimido.
- Condensados.
- Agua potable.

- Agua de EDAR.
- Agua de alimentación de caldera de vapor auxiliar.
- Agua bruta.
- Agua de 1ª y 2ª fase de ósmosis.
- Agua desmineralizada.
- Aceite de lubricación.
- Agua de alimentación a alta presión.
- Vapor sobrecalentado.
- Vapor auxiliar.
- Agua sucia extractora.
- Vertido a cauce público.
- Agua de rechazo de ósmosis.

Dichos servicios se han fabricado en diversos materiales, desde SP37.0 y 15Mo3, hasta AISI 304L. Las líneas de vapor se limpiaron con soplado de vapor.

Montaje de grupos de bombeo de la planta de tratamiento de aguas

Todos los trabajos se realizaron con la correspondiente homologación de los operarios y según los procedimientos de calidad previamente establecidos.

nera no se produce mayor cantidad de emisiones, sino que únicamente la temperatura de los gases es menor.

En ningún caso los niveles de emisión superan los límites marcados por la normativa aplicable. La chimenea de *by-pass*, con una altura de 27 m, cumple con el valor de la altura por emisiones y por el concepto de penacho de humos requerido por la legislación.

Igualmente, la chimenea de la caldera de recuperación tiene una altura superior al valor mínimo requerido.

El sistema de depuración de gases de la caldera de la instalación de generación consiste en un filtro de mangas, ya descrito anteriormente. Y al igual que en el caso anterior, la altura de la chimenea supera la altura mínima establecida legalmente.

Ruido y vibraciones

La instalación de cogeneración produce ruidos en tres puntos diferentes:

- Aspiración de aire de combustión.
- Chimenea de *by-pass*.
- Turbina.

Para atenuar el nivel sonoro, la aspiración de aire de combustión va provista de un filtro. Por otra parte, se dispone de una envolvente acústica para las turbinas y de silenciadores en los conductos de aire de combustión y de ventilación del turbogenerador de gas, éste último en entrada y salida, y para la chimenea de *by-pass* de cada una de ellas.

Por su parte, la instalación de generación produce ruido debido principalmente al funcionamiento de la turbina.

Está provista de diversos medios para disminuir el nivel sonoro, entre ellos, silenciadores instalados en cada entrada de aire de ventilación así como en la salida del aire de ventilación, de forma que se consigan valores tolerables y acordes a la normativa vigente.

En cuanto a vibraciones, las turbinas están apoyadas sobre una cimentación independiente, transmitiendo al terreno todos los esfuerzos producidos por las mismas, y disponen también de los correspondientes apoyos con muelles y sistemas antivibratorios.

Residuos líquidos

Las instalaciones de generación producen como residuos líquidos los debidos al aceite de lubricación de las turbinas, que serán retirados periódicamente por un gestor autorizado.

Residuos sólidos

La instalación de cogeneración no produce ningún tipo de residuos sólidos, mientras que la de generación produce cenizas como subproducto de la combustión del orujillo, las cuales son consideradas inertes y retiradas por camiones. La extracción de cenizas se lleva a cabo según los sistemas ya descritos anteriormente.

Medidas contra incendios y fugas de gas

La alimentación continua de gas y la existencia de aparata de alta tensión (transformadores, cabinas) ha hecho necesario el establecimiento de diversas medidas contra incendios y fugas de gas:

- Sistema de detección de gas y de ventilación en envolvente del turbogenerador.
- Sistema de detección de humos en las salas eléctricas y de control.
- Extintores portátiles de CO₂ y de polvo en el resto de edificaciones e instalaciones.

La turbina de gas está equipada con un sistema de detección automática de fuego y extinción, y en el interior de la envolvente se dispone de dos detectores automáticos de gas.



To attenuate the noise level, a filter is fitted onto the combustion-air intake system. The turbines are enclosed in an acoustic envelop and mufflers are fitted to the combustion-air pipelines. Mufflers are also fitted to the inlets and outlets of the gas-turbogenerator fans and on the by-pass smokestack of each fan.

The three turbines are supported by independent foundations that transmit to the ground the stresses of the power generation process. All three are supported by resilient mountings to prevent transmitting vibrations to the ground.

Solid waste

The biomass combustion process in the generating plant produces ash, which is considered inert and is removed from the premises in trucks.

Fire and gas leak prevention and control measures

Due to the continual supply of gas and the high-voltage apparatus (transformers, cabinets, etc.) installed on the premises, various measures to prevent and control fires and gas leaks have been implemented. They include:

- Gas detection and ventilation system in the turbogenerator packaging
- Smoke detection system in the electricity-generating and control rooms
- Portable CO₂ and powder extinguishers in the rest of the buildings and spaces
- The gas turbine is equipped with an automatic fire detection and extinguishing system and two automatic gas detectors are installed inside of the turbine package

La planta promovida por Valoriza Energía y construida por su filial Iberese en Puente Genil, que se describe en el reportaje adjunto, es algo más -bastante más- que una planta de tratamiento y valorización energética de residuos del olivar. La planta de Puente Genil es, ante todo, un excelente ejemplo -probablemente único, y en cualquier caso el de mayor envergadura tecnológica y de gestión de los emprendidos hasta ahora en España- de aprovechamiento integral de la biomasa, en este caso la derivada de la industria olivarera.

En este recorrido integral e integrador del ciclo de la biomasa, la Planta de Puente Genil incorpora varias de las actividades que definen las principales líneas de negocio de su empresa promotora, Valoriza Energía, como a continuación se describe.

Generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables

Durante los últimos cinco años, Valoriza Energía viene desarrollando diferentes proyectos de generación eléctrica a partir de es tipo

El ciclo integral de la biomasa

de recurso, en los que la propia empresa actúa como promotor, inversor, constructor y operador. Su estrategia de integración de actividades se proyecta de forma especial en los proyectos de biomasa, con una integración vertical total, desde la producción y gestión de la biomasa en origen hasta la venta de energía eléctrica en el mercado liberalizado.

Esta integración vertical tiene un especial significado por las sinergias aportadas y la cuantía de las inversiones necesarias en los proyectos de tratamiento integral de los orujos de aceituna, como en el caso que nos ocupa, donde la generación de electricidad a partir de biomasa cierra el ciclo de este tratamiento.

Cogeneración

La estrategia en este sector, en el que Valoriza Energía a través de su filial Iberese, acumula una mayor experiencia, viene definida por el

aprovechamiento de las sinergias que se producen al integrar la cogeneración en el ciclo de gestión, como se refleja en el esquema adjunto, y por la exigencia de optimizar el rendimiento eléctrico equivalente, REE de la instalación. El tratamiento de orujos de aceituna (alperujos) consiste en aplicar los gases de cogeneración al secado de los orujos generados como residuos por la industria del aceite de oliva.

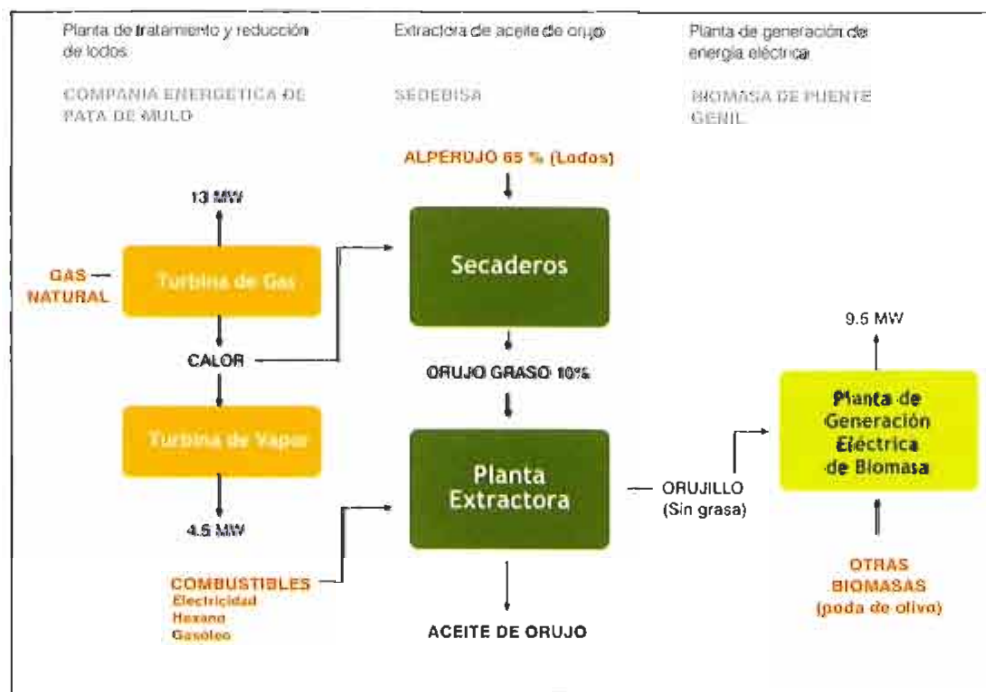
Para dar una idea de la posición de Valoriza Energía en este negocio baste decir que, de un total promedio de 4 millones de toneladas anuales de alperujo que se producen en España, la empresa ha tratado en la última campaña 370.000 toneladas, y procesará en la campaña 2007-2008 alrededor de 800.000 toneladas, equivalentes al 20 % de la producción nacional.

Producción y gestión de biocombustibles sólidos

Esta actividad fue iniciada por Valoriza Energía como una fase más dentro del esquema de



Turbina de gas y caldera de recuperación de la planta de cogeneración



desarrollo de los proyectos de generación eléctrica a partir de biomasa. Sin embargo, la inexistencia en el sector de empresas que pudieran gestionar el suministro de estos biocombustibles (reconocida por el propio Plan de Energías Renovables como una de las principales barreras para el desarrollo de la biomasa) puso de relieve la necesidad de desarrollar capacidades propias en este campo.

Así, el nuevo enfoque estratégico de estas actividades y el resultado del esfuerzo de I+D realizado, han dado lugar a una nueva línea de negocio de gran pujanza dentro de la estrategia de la empresa. Estas actividades generan también importantes siner-

gias con las fases de promoción y explotación de proyectos basados en la utilización de biomasa.

Ingeniería Energética

Como hemos dicho, Valoriza Energía desarrolla esta actividad a través de su filial Iberese. Con más de 15 años de experiencia en el sector energético, Iberese desarrolla un doble papel en este terreno: el de departamento de ingeniería energética del Grupo y el de empresa independiente dentro del mercado energético.

Como empresa independiente, Iberese continúa su crecimiento en sectores como la cogeneración y la biomasa, tanto en aplicaciones térmicas como eléctricas, y aborda el desarrollo de nuevas líneas de negocio en sectores como el termosolar, el fotovoltaico o los biocarburantes.

Mucho más que valorización energética

Hemos dicho al principio que la Planta de Valoriza Energía en Puente Genil es mucho más que



Los secaderos utilizan parte del calor residual de la cogeneración



Extractor (izquierda) y evacuación eléctrica (derecha)

En su primer papel, Iberese aporta su experiencia y conocimiento a distintas áreas del negocio de SyV, que le han permitido ocupar un lugar de primera línea en la aplicación de medidas de ahorro y eficiencia energética.

una gran instalación de valorización energética de los residuos de la industria olivarera. En efecto, como actividad complementaria a las que hemos descrito en este artículo, y dentro de la estrategia de integración vertical



Caldera de biomasa

de actividades, la empresa aborda también la construcción y explotación de plantas de producción de aceite de orujo.

Esta actividad se encuentra íntimamente ligada con las plantas de secado de orujo y la producción de orujillo de aceituna como biomasa principal de algu-

nas de sus instalaciones de generación eléctrica. Probablemente la Planta de Puente Genil es el ejemplo más completo y eficiente de este concepto integrador: un verdadero escaparate a gran escala de una estrategia innovadora y de las instalaciones en las que cobra cuerpo dicha estrategia.



Dentro del grupo Sacyr Vallehermoso, SyV, Valoriza Energía es la empresa que lidera el desarrollo de la estrategia del grupo en materia energética. Su actuación se centra en la promoción, construcción y explotación de proyectos, tanto de eficiencia energética como de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables. Se siguen para ello las directrices de ahorro y eficiencia energética, así como de fomento de las energías renovables, establecidas por la UE y que coinciden con la política energética y ambiental en España, tanto a nivel nacional como autonómico. En el caso de Valoriza Energía, esas líneas maestras se traducen en una estrategia empresarial basada en los siguientes principios: innovación, formación, mejora ambiental y planificación a largo plazo.

Innovación, de principio a fin

El aprovechamiento de la biomasa, y concretamente de los orujos de aceituna (un recurso que se caracteriza por su heterogeneidad) ha hecho necesario desarrollar capacidades tecnológicas y profesionales específicas que, en palabras de Emilio López Carmona, Director General de Valoriza Energía "suponen una de las mayores apuestas de innovación de esta empresa". Los objetivos de esta apuesta son la seguridad

Innovación tecnológica para la eficiencia energética y la gestión medioambiental



Vista general de la Planta de Puente Genil

en el suministro de combustible, la optimización del aprovechamiento de los recursos del entorno, la mejora del rendimiento y disponibilidad de la instalación y la disminución del impacto ambiental.

La optimización del aprovechamiento de los recursos locales requiere utilizar distintas fuentes de biomasa con características

muy heterogéneas, lo que a su vez ha hecho necesario adaptar los sistemas de almacenamiento y acondicionamiento de biomasa y alcanzar una gran flexibilidad en el rango de combustible aceptado por la caldera.

Todo esto se traduce, en la práctica, en la necesidad de investigar, desarrollar y probar equipos y sistemas totalmente novedosos,

como el *multisilo de piso móvil* (ver foto) que permite alimentar la caldera en continuo con proporciones variables de dos tipos distintos de biomasa, con rango de variación de humedad de hasta $\pm 15\%$, o el desarrollo de una caldera multicomcombustible capaz de utilizar un amplio rango de biomásas. Se ha desarrollado también maquinaria de diseño propio para la eficaz recogida y pre-tratamiento de los residuos leñosos.

La disminución del impacto ambiental requiere el desarrollo e implantación de equipos como los filtros de mangas adaptados al combustible utilizado, que permiten operar por debajo de las 50 ppm de partículas sólidas, o el uso de aercondensadores (ver foto), en sustitución de las torres de refrigeración, que permiten reducir casi en un 100 % el consumo de agua habitual en este tipo de instalaciones.

Formación, creación de empleo y potenciación del tejido industrial

Además de innovación tecnológica, merecen destacarse en este proyecto ciertos aspectos de mejora de la gestión y otros aspectos sociales de gran relevancia, y que son factor común de todos los proyectos que lleva a cabo Valoriza Energía. En cuanto a los primeros, citaremos el com-

INSTALACIÓN	POTENCIA (Mw)	ENERGÍA GENERADA (Mwh/año)	AHORRO ENERGÍA PRIMARIA (tep/año)	CO ₂ EVITADO (T/año)
OLEXTRA	16,9	115.000	8.500	19.000
C.E. LA RODA	8,2	65.000	3.000	7.000
C.E. PATA DE MULO	17,5	120.000	8.500	19.000
C.E. PUENTE DEL OBISPO	25	175.000	12.935	27.708
C.E. LAS VILLA	25	200.000	14.783	31.667
C.E. ESCOMBRETERAS	20	140.000	10.348	22.167
C.E. LINARES	25	175.000	12.935	27.708
C.E. MARTOS	25	175.000	12.935	27.708
	162,6	1.165.000	83.936	181.958
Proyectos construidos por IBERESE	421,0	3.457.500	255.554	547.438
TOTAL	583,6	4.622.500	339.490	729.396

Ahorro de energía y CO₂ evitado en las plantas de cogeneración construidas por Valoriza Energía



El aerocondensador permite reducir casi un 100 % el consumo de agua

promiso con una política de formación continuada que mantenga el máximo nivel técnico del equipo humano, y que se utiliza además como herramienta de motivación y realización profesional.

directos en la gestión del combustible y 80 empleos indirectos.

Es de destacar también la potenciación del tejido industrial nacional, como consecuencia de una política de contratación a suminis-

En cuanto a los factores socioeconómicos destaca en primer lugar la creación de empleo cualificado en zonas de escaso desarrollo, como suelen ser aquellas en que se produce la biomasa que estas plantas procesan y ponen en valor. Por ejemplo, una planta tipo de biomasa primaria de 10 MWe de potencia instalada genera unos 85 empleos durante su construcción (unos 2 años), 11 empleos directos en la explotación, 60 empleos

Climatización centralizada abastecida por biomasa en el Parque Tecnológico del Olivar

Es, por el momento, la más reciente aportación de Valoriza Energía al desarrollo tecnológico de la industria del olivar y su entorno. Efectivamente, el Parque Científico y Tecnológico del Aceite y del Olivar, Geolit, contará con el primer sistema de climatización centralizada que funcionará en España utilizando como combustible la biomasa procedente de los restos del olivar. Así lo anunció en la presentación del proyecto el presidente de la comisión ejecutiva de Geolit y presidente de la Diputación Provincial de Jaén, Felipe López, quien explicó que "en este sistema, que suministrará frío y calor a unos 38.000 metros cuadrados del parque, se invertirán más de 4,5 millones de euros, y con el mismo se abastecerán las necesidades térmicas de los edificios del recinto". Esta inversión será aportada por la sociedad Geolit Climatización, creada para la promoción y desarrollo de esta instalación, y participada por Valoriza Energía (63,5%), Inverjaén (29%), Parque del Aceite y del Olivar (5%), Agener (1,5%) y Centrales Térmicas y Redes (1%). La Agencia Andaluza de la Energía, de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, aportará una subvención de 2,3 millones de euros.

El director general de Valoriza Energía, Emilio López, el presidente de Inverjaén, Jerónimo

Jiménez, y el delegado provincial de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta, Manuel Gabriel Pérez, participaron junto al presidente de la Diputación en la presentación de esta iniciativa que, en opinión de este último, "está en la línea de modernización, innovación y apuesta por las energías renovables que ya es habitual en Geolit". En este sentido, Felipe López resaltó que "el objetivo de este parque científico-tecnológico es conseguir la excelencia empresarial y transferir los resultados al sector oleícola".

Por su parte, Emilio López incidió en "el carácter innovador y pionero" de la iniciativa, que "con estas características no se desarrolla en ninguna parte de España, Europa y seguramente en todo el mundo". Para el director general de Valoriza Energía, este proyecto "ha sido un desafío, que ha consistido en transformar la biomasa, básicamente los restos de la poda del olivar, en frío y calor". Así, el sistema de climatización de Geolit constará de una instalación centralizada de generación de energía térmica (caldera) y de otra de generación de frío (máquina de absorción), a partir de las cuales dos redes dobles de tuberías, una para calor y otra para frío, cubrirán la demanda térmica de las empresas e instituciones instaladas en el Parque.



Como resultado de este compromiso son más de 28.000 horas-hombre de formación las recibidas por el personal de esta empresa desde 2003 en los capítulos de promoción, construcción y explotación. El gran esfuerzo de formación en este último capítulo está en parte motivado por una política de contratación que favorezca la incorporación de personal del entorno inmediato de las instalaciones.



Silo múltiple con sistema de piso móvil independiente

tradores nacionales que, en muchos casos, implica una estrecha colaboración con las empresas suministradoras, ya que es frecuente que los equipos contratados supongan una evolución de sus líneas habituales de producto, o incluso una nueva línea de producción. Como ejemplo, la Planta de Puente Genil objeto de este reportaje, con una inversión total de más de 18 millones de euros, ha sido suministrada en su totalidad por proveedores nacionales.