

## **Tratamiento y reducción integral de productos de la industria olivarera con cogeneración en ciclo combinado (13 + 4,4 MW) y generación eléctrica a partir de biomasa (9,6 MW) en Puente Genil (Córdoba)**

*J.L. Casimiro. Valoriza Energía.*

### **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, está explotada por tres sociedades distintas, en las que Valoriza Energía es socio mayoritario, y que realizan cuatro actividades distintas.

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: aceite de repaso y aceite de extracción.

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, Biomosas 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 6 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.



## 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, 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 turbiniza 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 cogeneración 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 completa las condiciones idóneas para que la ubicación sea la más apropiada.

#### Planta extractora

Procesa 400 t/día de orujo graso 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.

#### **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 m<sup>3</sup> respectivamente. Existe además en la planta una tercera balsa, la denominada balsa de diario, que puede acumular hasta un total de 2.000 m<sup>3</sup> de alperujo.

### **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.

### **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.

### **Secaderos**

La fábrica está equipada con tres secaderos tipo trómel, que 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 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.

### **Granuladora**

El orujo graso 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.

### **Extracción**

El proceso de extracción se realiza en una planta extractora en continuo, que emplea un extractor de banda horizontal. 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. seco extractado).

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

### Planta de cogeneración

El objeto de la planta de cogeneración, promovida y explotada por la empresa Compañía Energética 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 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 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 intemperie son 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.

### **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 Solar Titan 130.

Las principales características del turbogenerador en condiciones ISO se resumen en la tabla adjunta

Fabricante	Turbomach
Equipo turbogenerador	TBM-T130
Turbina de gas	Solar Titan 130 T19501
Generador	Leroy Somer
Potencia en bornas	14.250 kW
Consumo de combustible	40.714 kW
Eficiencia eléctrica	35%
Caudal de gases de escape	49,75 kg/s
Temperatura 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 turbogenerador	15.614x8.886x2.900 mm
Peso turbogenerador	70.000 kg
Trabajo	continuo 8.000 h
Intervenciones de mantenimiento	1

Posee un compresor de aire de 14 etapas y flujo axial, que alimenta el aire comprimido a la cámara de combustión. 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 Sommer 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.

### **Conductos y válvulas de gases de escape**

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, que se regulan en función de la temperatura de mezcla en el conducto de entrada a secaderos.

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.

### **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, 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.

### **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 degeneración 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.

La planta cuenta con un aerocondensador común para las dos turbinas capaz de generar un vacío de 0,08 bar (a) con ambos turbogrupos funcionando a la vez.

Las características principales de la turbina de la planta de cogeneración son las siguientes:

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

### **Redes de agua y vapor**

La integración del sistema formado por la caldera de recuperación y el turbogruppo a vapor se lleva a cabo mediante dos redes de fluidos: la red de vapor y la red de agua de alimentación.

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%

Caldera de biomasa

La caldera de vapor ha sido diseñada por la firma Standard Biomass para la utilización de orujillo, junto con otras biomásas, como combustible. Entre estas biomásas 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 expansiona 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.

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 granulomertría 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 pasos 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.

### **Sistema de alimentación de combustible**

El sistema automático de alimentación de combustible permite introducir el combustible a la parrilla desde el punto de almacenamiento. Está compuesto por los siguientes elementos: grúa de carga, cinta transportadora y silo- dosificador de alimentación de combustible al hogar