

## Planta de cogeneración de 5 MW en ciclo simple para una industria química de Cartagena de Indias (Colombia)

Entre finales de 2011 e inicios del 2012 se ha realizado la puesta en marcha de la nueva planta de cogeneración que suministrará energía eléctrica, vapor y aceite térmico a la industria química que AJOVER presenta en Cartagena de Indias (Colombia). Diseñada y construida en configuración de ciclo simple (turbina de gas más caldera de recuperación de aceite térmico y vapor), la nueva planta de cogeneración tiene una potencia de 5 MW eléctricos y permitirá hacer frente a la demanda energética de la industria de materiales plásticos. AJOVER contrató a la empresa española de ingeniería AESA y a la empresa colombiana de promoción y operación de plantas ENERCOLSA los trabajos de dirección de proyecto, ingeniería, gestión de permisos y compras, dirección de obra y asistencia a la puesta en marcha de la planta de cogeneración.

Carlos Guijarro / Oscar Fernández  
Dirección de Proyectos AE, S.A. Asesoría Energética



A finales de 2010 el Consejo de Administración de AJOVER aprobó la inversión del proyecto de cogeneración en ciclo simple, para la generación de electricidad, vapor y aceite térmico, con la finalidad de reducir los costes de fabricación de su factoría química ubicada en Cartagena de Indias (Colombia), mejorando de esta forma su capacidad competitiva en el mercado de materiales para construcción, decoración y empaques desechables.

Mediante la instalación de la central de cogeneración, AJOVER también persigue la reducción del impacto medioambiental de su proceso productivo, permitiendo, la ge-

neración distribuida, un ahorro de energía primaria y emisiones de CO<sub>2</sub> al conjunto del país, frente a la generación centralizada.

Para satisfacer las demandas energéticas de la fábrica, y posibles ampliaciones futuras para incremento de capacidad de producción, se decidió la construcción de una planta de cogeneración de aproximadamente 5 MW eléctricos de potencia, en configuración de ciclo simple con turbina de gas y caldera de recuperación, constando esta última de dos módulos para el calentamiento de aceite térmico y la generación de vapor a través del aprovechamiento térmico de los gases de escape de la turbina de gas.



### Modos de operación

La situación normal de operación consiste en la generación eléctrica de la central de cogeneración en paralelo con la red eléctrica, con turbina de gas y caldera de recuperación funcionando en ciclo simple. La carga de operación de la turbina de gas y, por tanto, del proceso de recuperación térmica, resultará de las necesidades térmicas de los procesos productivos de AJOVER.

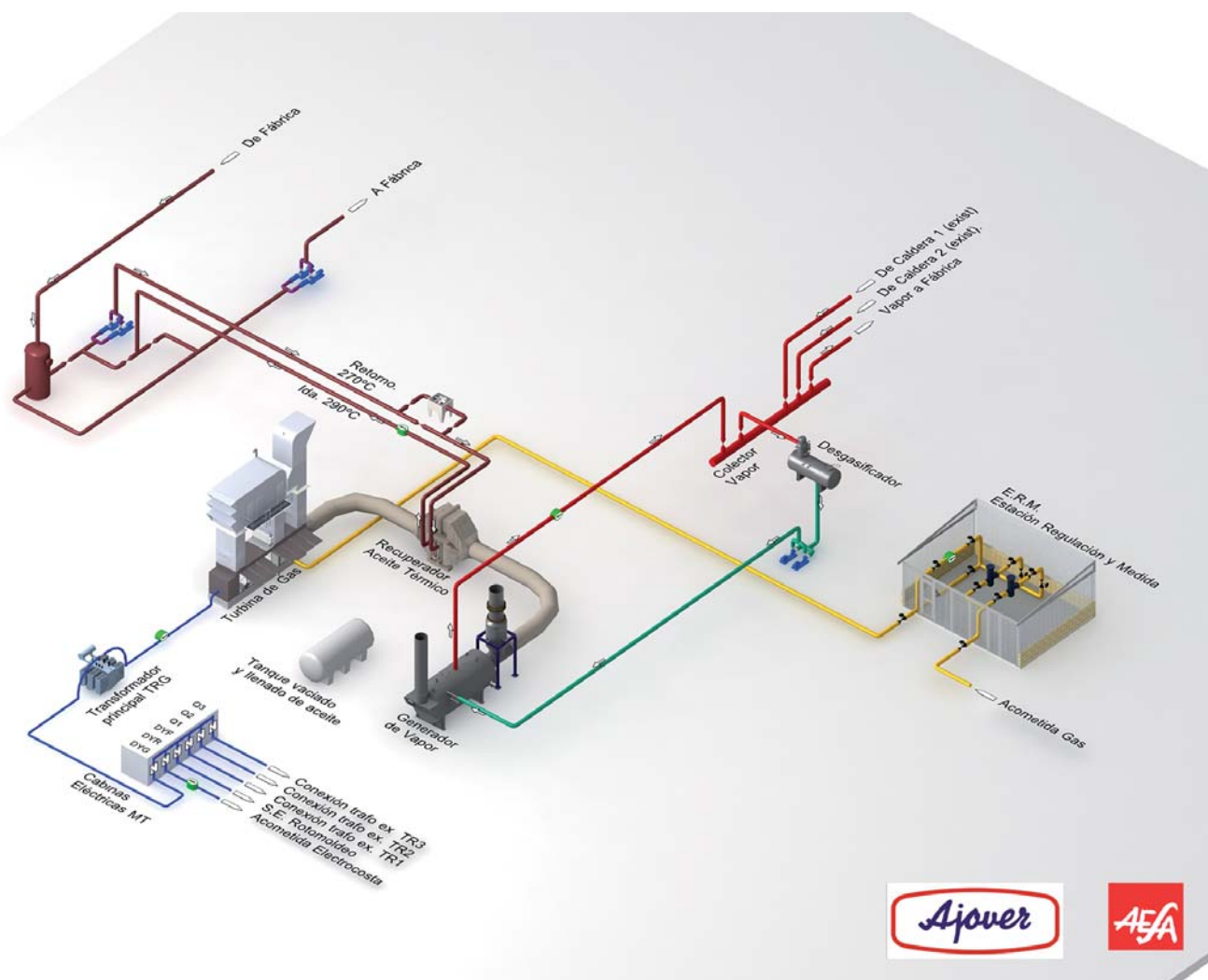
En caso de baja demanda de calor (vapor y aceite térmico), las válvulas de by-pass de gases (la que incorpora el módulo de calentamiento de aceite térmico, junto con la situada antes de la caldera de generación de vapor) controlarán el paso de gases, evacuando el exceso de gases de escape a la atmósfera y regulando de esta forma la capacidad térmica de cada equipo.

En situación de máxima demanda térmica el by-pass estará totalmente abierto hacia caldera.

La planta de cogeneración está diseñada para su operación en isla con turbina de gas, en caso de desconexión de la red eléctrica. En esta situación, la turbina de gas sería la encargada de suministrar electricidad a la fábrica de AJOVER.

Asimismo, se dispone de un grupo electrógeno que permitirá el arranque de la planta de cogeneración sin tensión de red ("black-start").

En caso de indisponibilidad de la planta de cogeneración, se dispone de calderas convencionales para la generación del vapor y aceite térmico demandado por el proceso productivo de AJOVER.



### Configuración y equipos principales

La central cuenta, como equipos principales, con una turbina de gas de 5 MW y un sistema de recuperación de calor de gases de escape de la turbina, que permite la generación de vapor y el calentamiento de aceite térmico para proceso.

La implantación de los equipos contempla la instalación a intemperie tanto del grupo turbogenerador como de los módulos diferentes módulos de los que consta el sistema recuperación térmica. Se ha habilitado una sala de control para los cuadros eléctricos y de control, así como diferentes salas para la ubicación de equipos auxiliares necesarios para el funcionamiento de la central de cogeneración tales como: sistema de aire comprimido, estación de regulación de gas, centro de transformación, etc.

#### Grupo turbogenerador a gas

El grupo turbogenerador instalado en la planta de cogeneración de AJOVER

es el grupo SOLAR Taurus 60 (T60-7901) de TURBOMACH, de 5,7 MW ISO, que permite producir en emplazamiento aproximadamente 5,0 MW a 13,8 kV, utilizando gas natural como combustible a una presión habitual de 15,5 bar-g, siendo la potencia media de consumo de gas natural prevista "on site" de 16.690 kW<sub>PCI</sub>.

#### Turbina de gas

La turbina de ciclo simple monoeje consta de los siguientes elementos principales:

- Compresor axial de 12 etapas, con relación de compresión 12,5:1.
- Cámara de combustión anular con 14 inyectores.
- Turbina de potencia, axial, de tres etapas, con una velocidad de rotación de 14.944 rpm.
- Conjunto difusor de escape.

#### Alternador eléctrico

La turbina de gas, ensamblada a un reductor mediante un acoplamiento

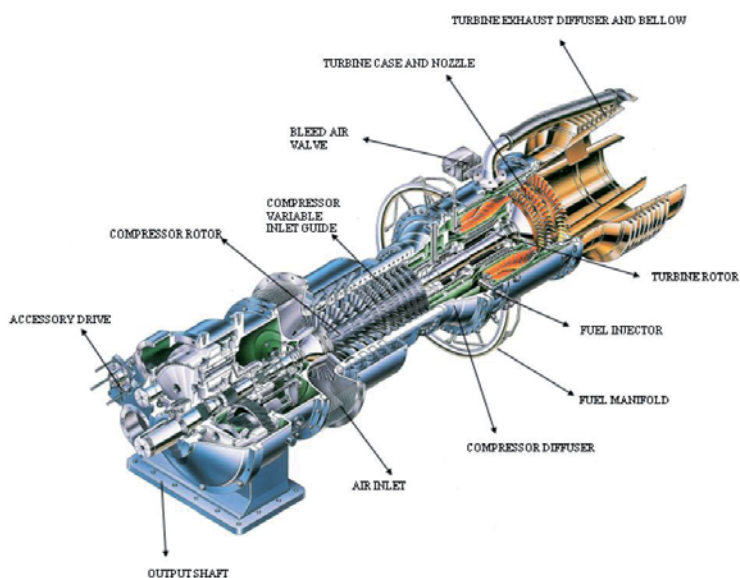
elástico, acciona un alternador LEROY SOMER de 2 pares de polos y 6.250 kVA de potencia aparente nominal. El alternador gira a 1.800 rpm operando a una tensión de 13,8 kV y una frecuencia de 60 Hz.

#### Caldera de recuperación de calor (aceite térmico y vapor)

Los gases de escape de la turbina de gas son conducidos al sistema de recuperación de calor para el calentamiento de aceite térmico y la generación de vapor mediante el intercambio térmico de los fluidos de proceso con los gases de escape procedentes de la combustión realizada en la turbina de gas.

Tras la turbina, en el sentido de avance de los gases de escape hacia el sistema de recuperación de calor suministrado por Umi-sa, se encuentran los siguientes equipos:

- Intercambiador de aceite térmico modelo Alitesa TL 2.3, ubicado como primer elemento después de la salida de humos de la turbina de gas. Este módulo de aceite térmico permite cubrir la deman-



da de aceite térmico Dowtherm A que presenta el proceso de producción de AJOVER. El equipo dispone, en el propio cuerpo, de un *by-pass* de gases.

- Válvula de *by-pass* de gases Stejasa SC2717, silenciador de gases y chimenea de *by-pass*, situadas tras el intercambiador de aceite térmico, permitiendo la evacuación de gases a atmósfera.
- Generador de vapor pirotubular modelo Umisa CR-11.5 (10) de un solo paso de humos, dispuesto en serie a continuación de la válvula de *by-pass*. Diseñado para producción de vapor saturado a 7,6 bar-g (presión diseño 10 bar). El generador está preparado para incrementar su capacidad de producción mediante la incorporación de un economizador.
- Chimenea de evacuación a la atmósfera, tras haber reducido la temperatura de gases de escape en la medida necesaria para el calentamiento del aceite térmico y la generación de vapor.

### Sistemas mecánicos auxiliares

#### Sistema de aceite térmico

Dicho sistema tiene como misión la interconexión con el sistema de generación y distribución de aceite térmico existente en la fábrica de AJOVER.

El sistema está compuesto por los siguientes elementos principales:

- Bombas de aceite térmico para alimentación a caldera.
- Tuberías y válvulas de control para la conexión automática entre el sistema de cogeneración y el sistema de calderas de fábrica, caldeas en las cuales se produce el ajuste final de la temperatura requerida por proceso para el aceite térmico.

- Instrumentación para seguimiento y control de operación del circuito.
- Sistema aerorefrigerante.
- Tanque y bomba de llenado del circuito.

#### Sistema de agua vapor

El módulo de generación de vapor que forma parte de la caldera de recuperación de cogeneración se integra dentro del sistema de agua/vapor existente en fábrica. Debido a ello, se han previsto los siguientes elementos:

- Bombas de alimentación de generador de vapor, alimentadas desde el sistema desgasificador existente (común a las calderas convencionales de fábrica) y tubería de conducción de agua a caldera.

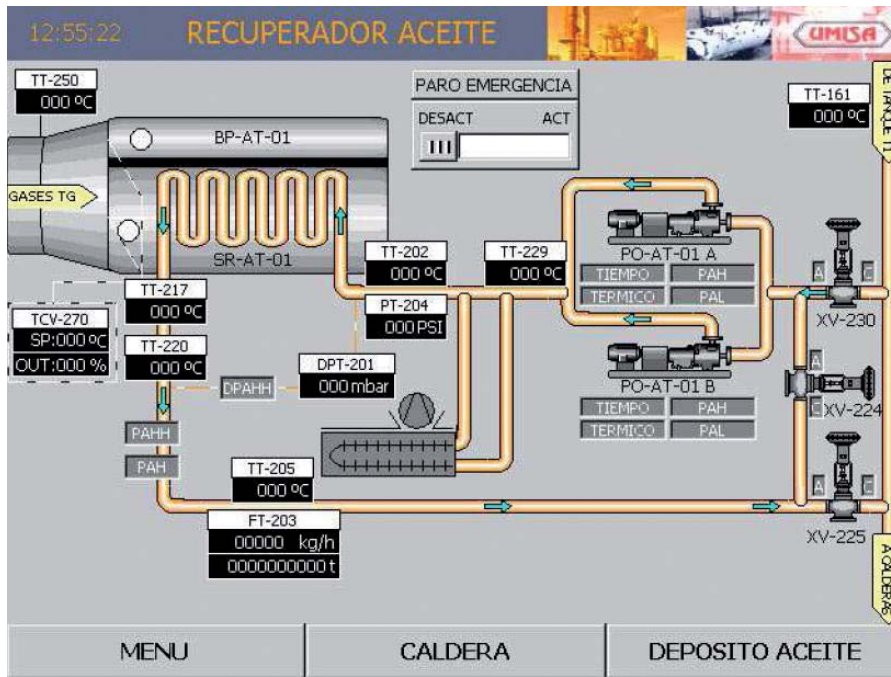
- Tubería de vapor entre generador de vapor de recuperación y colector de vapor de fábrica.

#### Sistema de gas natural

Este sistema se encarga de suministrar el gas natural recibido de la Compañía suministrador en límites de la central (punto de conexión). A través de una Estación de Regulación y Medida (ERM), se realizará el filtraje, la regulación de presión y el contaje del gas necesario para el funcionamiento de la turbina de gas, procediendo a su entrega en las condiciones requeridas por la propia turbina.

Suministrada por Indisa, dispone de elementos de filtraje, válvulas de regulación





y contadores de gas. La presión normal de suministro a turbina de gas es de 15,5 bar-g.

**Sistema de aire comprimido**

El sistema aire comprimido se encarga de proporcionar el aire necesario para el arranque de la propia turbina de gas, así como para el accionamiento de la instrumentación y los equipos auxiliares de la central de cogeneración. Se ha previsto un sistema independiente que consta de:

- Dos compresores de aire de tipo rotativo Atlas Copco modelo GA 7-125 FF, incluyendo cada uno un secador frigorífico y filtros de aire de baja y alta eficiencia.
- Tanque de almacenamiento (1 m³).
- Líneas de conexión a consumos e instrumentación asociada.

**Equipamiento eléctrico**

**Sistema eléctrico de AT, MT y transformadores**

Este sistema tiene como finalidad conectar el equipo generador de electricidad (turbina de gas) a 13,8 kV con la distribución a fábrica y a consumos propios, así como con la red externa de 13,8 kV de Electrocosta. El sistema consta de:

- Celdas de media tensión Eaton Cutler Hammer de interconexión con la compañía

eléctrica Electrocosta y con distribución a fábrica, mediante celdas de 13,8 kV con envoltorio metálica.

- Línea interior de cable desnudo para conexión entre subestaciones del usuario (Shrink y Rotomoldeo).
- Transformador 14,1/13,8 kV para conexión de alternador de turbina de gas (6.250 kVA).
- Equipamiento propio del generador.
- Sistemas de protección, medida, regulación y sincronización automática.
- Cableado de potencia (13,8 kV) y control.
- Sistemas de puesta a tierra.
- Sistema eléctrico de BT
- Tiene como finalidad el suministro eléctrico en baja tensión (460 V, 60 Hz) a los sistemas de la central que lo precisen,

así como para alumbrado interior, exterior y de emergencia de la central.

- La energía requerida en baja tensión se toma del transformador de servicios auxiliares (TRA). La instalación de baja tensión consta de:
- Cuadro general de distribución en baja tensión.
- Cuadros y Centros de control de motores (turbina de gas, generador de vapor de recuperación, control de equipos, etc.).
- Cuadro para alumbrado y fuerza.
- Instalación de alumbrado y tomas de corriente.
- Cableado de potencia y control.

**Sistema de control**

Para el control de la central de cogeneración, se han previsto los siguientes elementos:

- Cuadro de control de turbina de gas, con lógica centralizada en PLC propio, con HMI y switch Ethernet.
- Sistema de control del sistema de recuperación de calor, con PLC que controla los equipos propios y permite la toma de datos y funciones de control de sistemas auxiliares (agua/vapor, aceite térmico, sistema eléctrico, etc.).
- Sistema de Adquisición de Datos y Supervisión (SAD), realizado por la empresa SIGE (Sistemas Informáticos de Gestión Energética), que permite la captación de señales analógicas y digitales de los PLC de los sistemas de control, de modo que sea posible la supervisión de la planta en su totalidad en tiempo real y en forma de históricos (almacenamiento de información, cálculos de prestaciones, informes, etc.).

