

**Interreg**  
**España - Portugal**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNIÓN EUROPEA  
UNIÃO EUROPEIA



# **Operatividad y resultados de los sistemas de microgeneración con BNVAP**

**Resumen**

## 1. Objetivo

El objetivo de este trabajo es evaluar la **viabilidad** de la aplicación de la **microgeneración** como **sistema de valorización energética** de las **Biomásas No Valorizadas de Alto Potencial** (BNVAP) estudiadas dentro del proyecto mediante un Ciclo Orgánico de Rankine (ORC) acoplado a una caldera de biomasa.

## 2. Materiales empleados

Se emplearon **restos de podas de vid, tojo y kiwi** en forma de pellets cilíndricos con un diámetro de 6 mm y longitud < 40 mm (D06). En todos los ensayos realizados se usaron pellets de pino con certificación ENplus A1 como combustible de referencia.

## 3. Descripción de la instalación

La planta de microgeneración cuenta con los siguientes elementos principales:

- Una **caldera** policombustible KWB de 60 kW térmicos (foco caliente), alimentada mediante un silo de 500 L y encargada de generar la energía térmica necesaria para poder producir electricidad en un ciclo orgánico de Rankine en forma de agua caliente de hasta 90°C.
- Un **módulo ORC**, máquina térmica basada en un ciclo orgánico de Rankine con una potencia máxima de 4,4 kW eléctricos y diseñado para el aprovechamiento de calor a baja temperatura, (hasta 100°C en agua), mediante su conversión en electricidad.

A pesar de tratarse de una planta destinada a la cogeneración el sistema experimental cuenta con un aerorefrigerador para evacuar el calor del condensador mediante un circuito de agua (foco frío).

Conviene destacar que el equipamiento del laboratorio se integra en un Sistema de gestión centralizado para el Control, Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA). De este modo en todo momento se muestra en un sinóptico de la instalación toda la información precisa en tiempo real posibilitando en todo momento un control total de la misma.

En las Figuras 1 y 2 se muestran los principales componentes del sistema de microgeneración.



(a)



(b)

Figura 1. Componentes principales de la planta de microgeneración: (a) caldera, (b) ORC.



Figura 2. Aerorefrigerador (izquierda) y silo de biomasa (derecha).

○ **Módulo ORC**

El módulo ORC empleado presenta una configuración de ciclo regenerativa por la cual recupera además del calor producido en la fuente térmica, el calor residual disponible a la salida del expansor para precalentar el líquido presurizado. Su funcionamiento básico se refleja en la Figura 3.

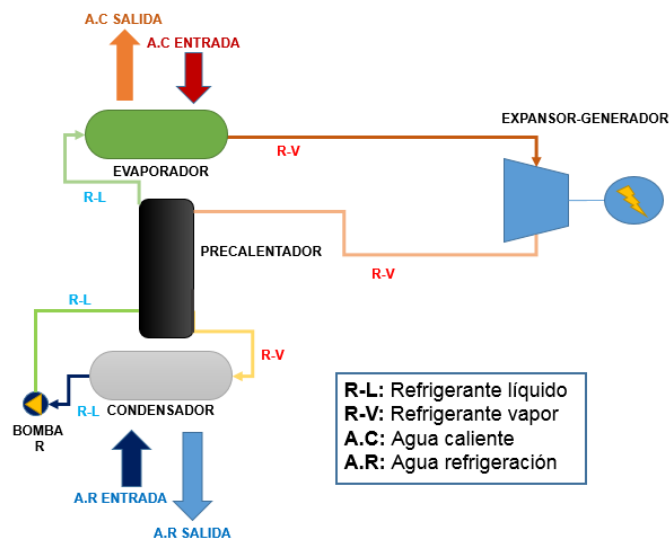


Figura 3. Esquema del módulo ORC empleado.

Tal y como se observa en dicha figura, una vez precalentado, el refrigerante líquido se conduce hacia el evaporador donde cambia de estado a fase vapor. A continuación es

conducido a un expansor en cuyo eje se genera trabajo mecánico. Dicho expansor se acopla mediante una transmisión mecánica a un generador asíncrono, produciéndose energía eléctrica. Una vez el fluido abandona el expansor, ya con una presión reducida, cede parte del calor en el regenerador o precalentador y pasa a continuación a un condensador donde se produce el cambio de fase vapor-líquido. Finalmente es conducido a una bomba donde se presuriza, comenzando de nuevo el ciclo.

#### 4. Metodología de ensayo

Las pruebas experimentales llevadas a cabo se basaron en **variar las condiciones de disipación**, (diferencia de temperatura entre los focos caliente y frío). En cada una de las pruebas realizadas se estudiaron **la potencia y el rendimiento eléctricos globales** obtenidos a lo largo de las diferentes temperaturas del agua alcanzadas.

#### 5. Resultados obtenidos

Para todos los biocombustibles estudiados se obtuvo la misma tendencia: a **mayor diferencia de temperatura entre los focos caliente y frío, mayor es la potencia eléctrica generada por el módulo estudiado**. La potencia eléctrica máxima alcanzada es de 3,55 kW en el caso de emplear pellets de pino ( $\Delta T=74,7^{\circ}\text{C}$ ), de 3,33 kW cuando se utilizan pellets de poda de vid ( $\Delta T=74,1^{\circ}\text{C}$ ), de 3,60 kW ( $\Delta T=76,6^{\circ}\text{C}$ ) con pellets de tojo y de 3,53 kW ( $\Delta T=74,7^{\circ}\text{C}$ ) con pellets de kiwi.

Lo mismo ocurrió al estudiar el rendimiento eléctrico; **éste se incrementa cuanto mayor es la diferencia de temperaturas entre los focos caliente y frío**, tal y como establece el Teorema de Carnot para cualquier máquina térmica. La eficiencia máxima obtenida se aproxima a un 9,45% en el caso de emplear pellets de pino, a un 8,37% cuando el combustible utilizado son pellets de poda de vid, a un 8,66% con pellets de tojo y 9,07% con pellets de kiwi.

Con cada uno de los materiales empleados **se obtuvieron rendimientos de cogeneración próximos a un 96%**.

#### 6. Conclusiones

Atendiendo al **estudio de la viabilidad del empleo de la microcogeneración** como sistema de **valorización energética** de las BNVAP estudiadas dentro del proyecto, las pruebas realizadas permiten determinar:

1. Las diferencias de temperatura entre el foco caliente y el foco frío influyen de un modo significativo en los resultados obtenidos.
2. En las condiciones empleadas en este trabajo se pueden obtener rendimientos de cogeneración próximos a un 96%, demostrándose así la **idoneidad de las biomásas estudiadas para la producción simultánea de calor y electricidad a pequeña escala**.