



ASESORÍA ENERGÉTICA

SISTEMAS DE MICROCOGENERACIÓN

Ricard Vila A E, S.A.
rvila@aesa.net

A E, S. A.



Sistemas de cogeneración.

1. Estudios de viabilidad



estudios de viabilidad

Análisis de la demanda

Tiene por objeto definir los datos básicos de partida a tener en cuenta para el diseño de la instalación de microcogeneración. Este análisis pretende determinar la demanda de calor útil y la forma en que es utilizado. Se debe determinar

- **Tipología de la demanda:** agua caliente, agua sobrecalentada, agua fría...
- **Características de la demanda:** Temperatura de consumo, Presión de consumo, temperatura de retorno...
- **Modelización de la demanda:** perfil diario, semanal y mensual.
- **Equipos de producción de la demanda:** Caldera de agua caliente (rendimiento), chiller eléctrico (COP).....

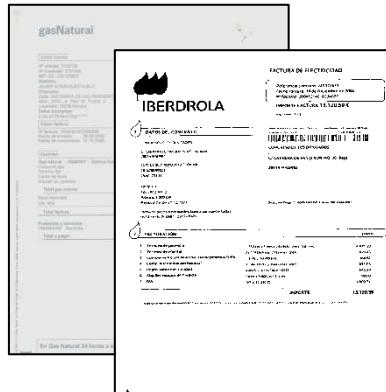
Mediante la definición de los apartados anteriores se pretende definir y modelizar la demanda para obtener el **consumo cronológico** (hora a hora), mediante el cual estableceremos la monótona (curva cronológica ordenada) mediante la que de diseñará y evaluarán las diferentes alternativas.

Sistemas de cogeneración.



1. Estudios de viabilidad. Calculo de la demanda de Calor

Facturas de combustible y electricidad



Equipos de Generación

- Rendimiento de los equipos

Características de la demanda

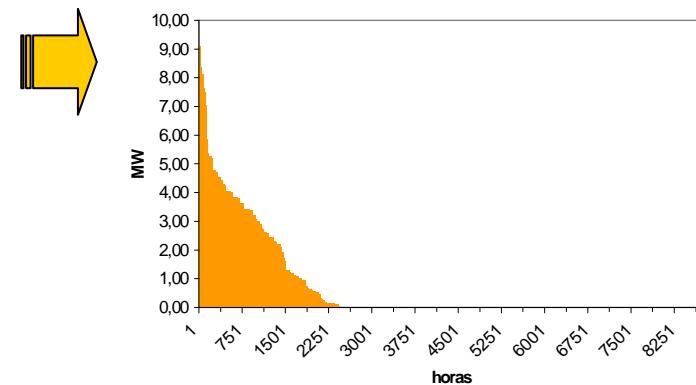
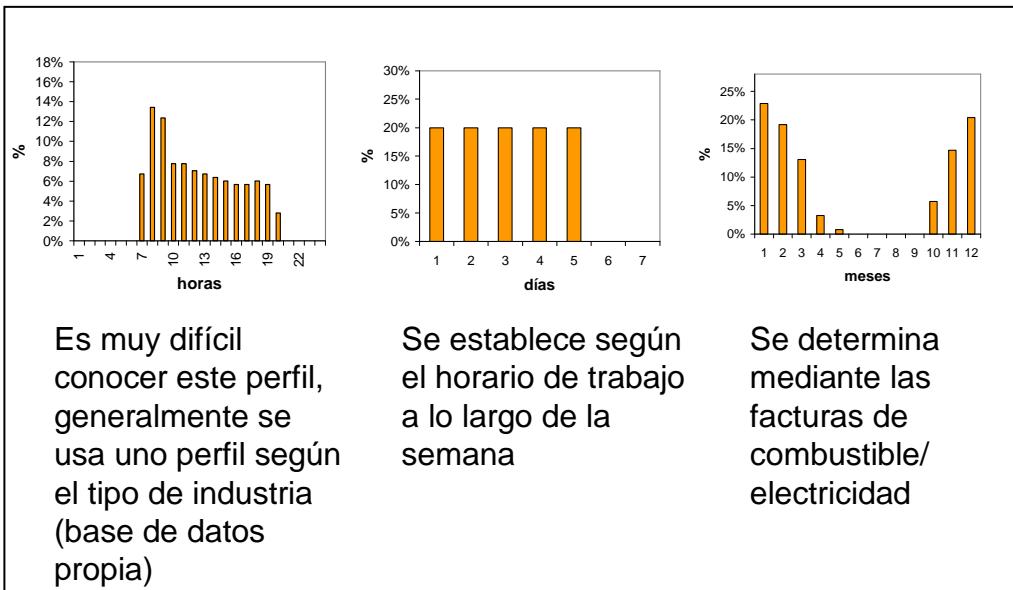
- Imp: Temperatura, Presión....
- Ret: Temperatura, % condensados

Consumo Energético

- en MWh/a

Características de la demanda

- Calidad de la demanda (Temperatura)

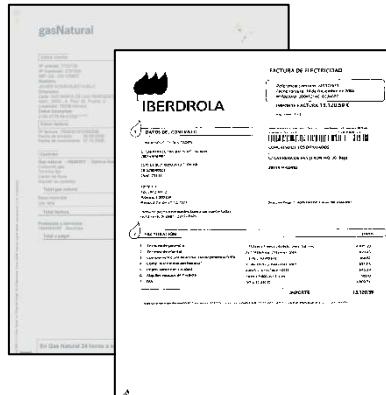


Sistemas de cogeneración.



1. Estudios de viabilidad. Calculo de la demanda de frío

Particularidades en el calculo de la demanda frigorífica



Equipos de Generación

- Rendimiento de los equipos

Características de la demanda

- Imp: Temperatura, Presión....
- Ret: Temperatura, % condensados

Consumo Energético

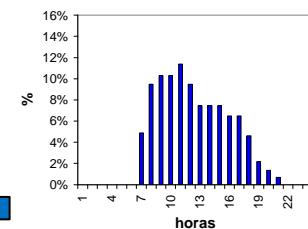
- en MWh/a

Características de la demanda

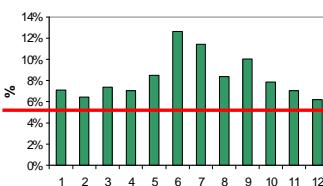
- Calidad de la demanda (Temperatura)



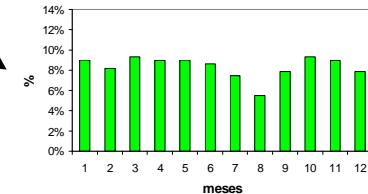
Perfil mensual de frío



PERFIL MENSUAL ELÉCTRICO



Perfil mensual de electricidad



Equipos de Generación

- Rendimiento de los equipos

Características de la demanda

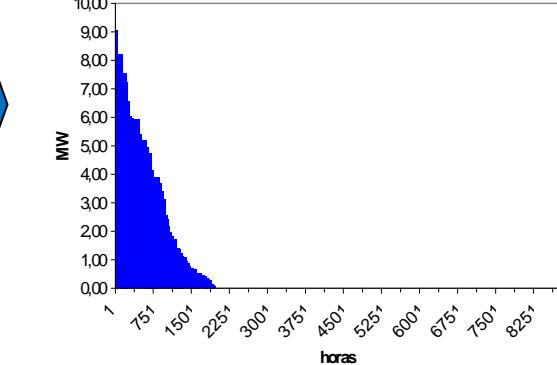
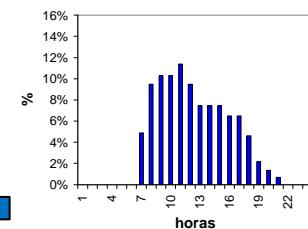
- Imp: Temperatura, Presión....
- Ret: Temperatura, % condensados

Consumo Energético

- en MWh/a

Características de la demanda

- Calidad de la demanda (Temperatura)

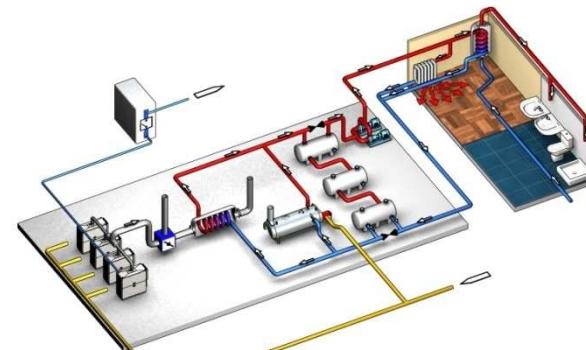


Selección de Alternativas

Las selección de alternativas tiene por objetivo determinar el rango de potencia a estudiar y la necesidad o no de evaluar acumulación.

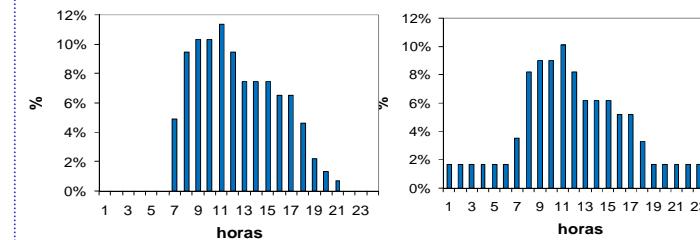
Según demanda atendida

- ¬ Cogeneración (Calor)
- ¬ Trigeneración (Calor y Frío) (1)



Según horario de trabajo

- ¬ Según el horario a la demanda.
- ¬ 24 h/d, acumulación (2)



Según Sistema de acumulación

- ¬ Calor (agua caliente)
- ¬ Frío (agua fría)

- (1) Generación de frío mediante maquinas de absorción de BrLi calidad baja y Amoniaco calidad media
- (2) El horario de acumulación puede ser inferior a 24 h/día

Sistemas de cogeneración.

8. Estudios de viabilidad



- Determinación de la potencia térmica a estudiar

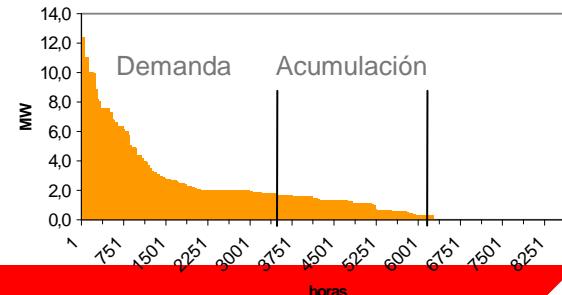
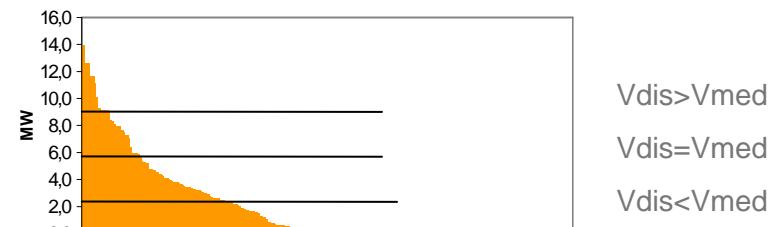
- Parámetros de diseño de una planta de cogeneración:

- **Cantidad** de demanda de calor => Determina la **potencia** de la planta
- **Temperatura** de dicha demanda => Determina la **tecnología** a seleccionar

- La potencia térmica se dimensiona en base a las necesidades térmicas anuales y su comportamiento anual hora a hora, o **curva monótona**

- En el sector terciario para aumentar el horario de la micro se emplean sistemas de acumulación

Planta demasiado pequeña	Planta demasiado grande
Desaprovechamiento del potencial térmico,	Eficiencias bajas y con alto riesgo de obtener resultados negativos.
Menores ahorros energéticos frente una alternativa de mayor tamaño	Es sensible a las variaciones de los precios de mercado (combustible y electricidad)
Mayor coste unitario del proyecto (€/KWe)	Una inversión mayor tiene asociado un mayor riesgo económico



Bases de diseño.

Todas las alternativas a estudiar se diseñan según las siguientes bases:

- Rendimiento global de la instalación **RG = (E+V)/Q** según el Anexo II la Directiva 2004/8/CE. RG=75%.
- En operación, consecución de un **PES** superior 0% según el Anexo III de la Directiva o, en España, un **REE** > 49,5 ó 53% (micromotores o microturbinas).
- En las plantas del sector terciario, destinadas a calefacción y climatización, se considerará que siempre una parte de la electricidad generada cumple con los requisitos de eficiencia, y por lo tanto, tiene derecho prima al considerarse electricidad de cogeneración. Se contabiliza la Electricidad de cogeneración **E_{cog}=C_xV** según la Directiva 2004/8/ce y en España la **E_{ree}** según el RD661.

La determinación de la planta a instalar es, por lo tanto, un proceso con múltiples soluciones y debe plantearse como una selección entre diversas alternativas, tanto de tamaño como de proceso.

Estudio de las Diferentes alternativas

Una vez modelizada la demanda y preseleccionado un rango de tecnologías y un rango de potencias, se evaluarán los siguientes aspectos de cada una de ellas.

- **Evaluación energética y medioambiental:** cálculo de las energías producidas, suministradas y consumidas durante un periodo anual y los índices energéticos REE, RG, PES, AEP.... resultantes.
- **Evaluación económica del negocio** (ingresos y gastos) según el marco legal vigente RD661 y evaluación de las inversiones. Resultados económicos VAN, TIR, Pay-back...
- **Evaluación de la seguridad de suministro.** Tan importante como los resultados económicos y medioambientales es evaluar la cobertura y garantía el suministro energético al usuario.
 - Calor. Prever fallo de equipos convencionales o fallo de cogeneración.
 - Electricidad. Prever fallo de red o fallo de cogeneración.



caso práctico

DATOS DEL PROCESO INDUSTRIAL

- Hotel de 92 habitaciones
- Superficie climatizada: 4.500m²
- Programa de trabajo: continuo todo el año 365 días
- Consumo de agua caliente a 90 °C para calefacción y acs y agua fría a 7 °C para refrigeración.
- Consumo de combustible anual 562 MWhpci/a.
- Consumo eléctrico anual 1.000 MWh/a potencia promedio de 115 KWe, potencia contratada 200 KWe
- Instalaciones: Calor 300 kWt. Frío 200 kWf



¿ES FACTIBLE INSTALAR UNA CENTRAL DE COGENERACIÓN?

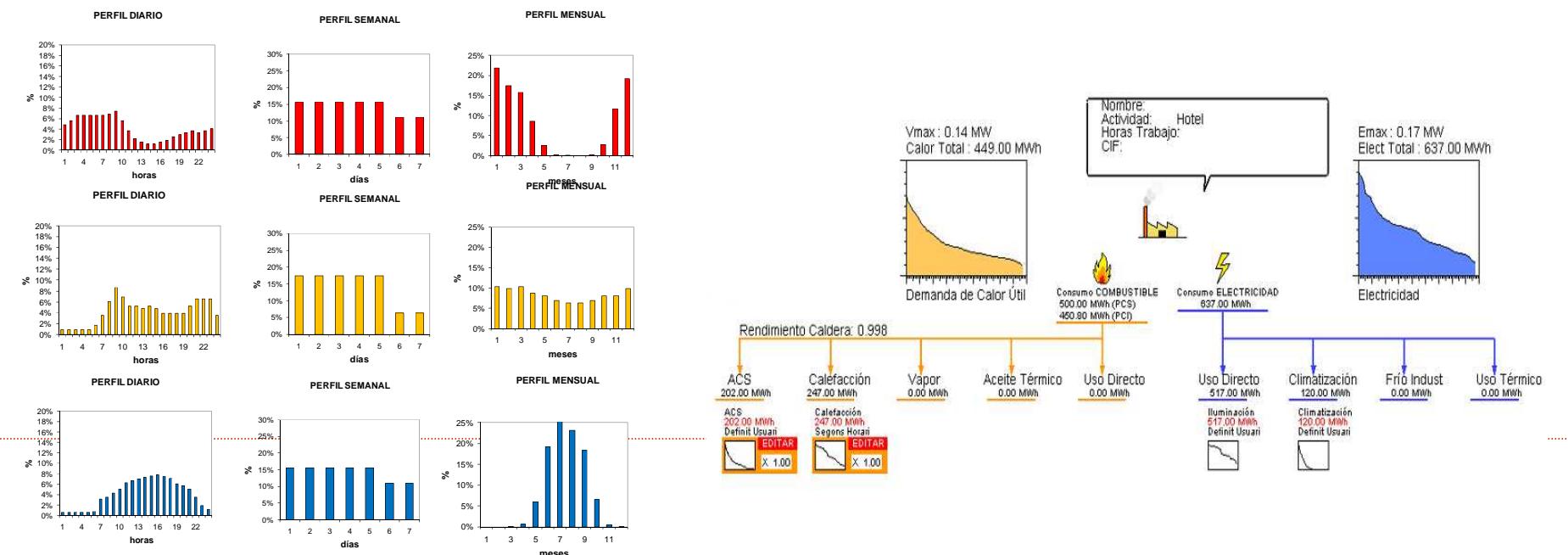
Sistemas de cogeneración.



8. Estudios de viabilidad. Caso I

Análisis de la demanda

- Consumo anual de 450 MWh/a
- Agua caliente para calefacción 247,5 MWh/a
- Agua caliente para acs 202,5 MWh/a
- Electricidad para climatización 120 MWh/a



Selección de Alternativas

- Se plantea trigeneración para dar cobertura a la demanda térmica y frigorífica.
- Por la larga utilización de la demanda no es necesaria la acumulación

Diseño de las alternativas

- Siguiendo los criterios expuestos a continuación se diseñan ejemplos de diseño.
 - RG superiores 75% para el resto
 - REE superiores al 53,1% (caso turbinas de gas) y el PES positivo aunque la importancia de estos valores radica en el resultado anual.

Tipo de ciclo

- Generación de agua caliente a 90°C para el calor demandado y máquina de absorción de simple efecto para generar agua fría a 7°C (mediante el agua caliente a 90°C).

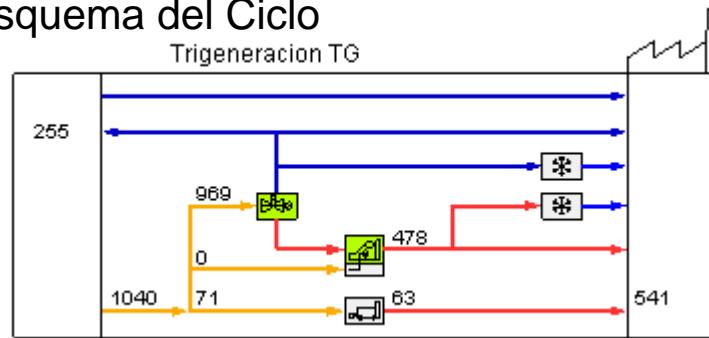
Sistemas de cogeneración.



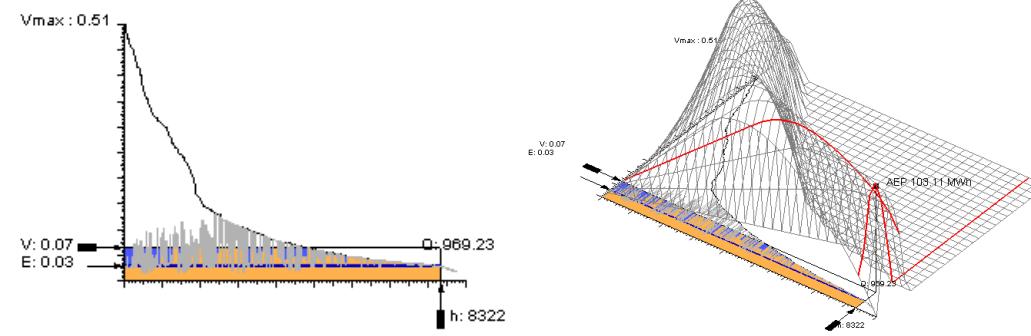
8. Estudios de viabilidad. Caso I

Resultados energéticos

→ Esquema del Ciclo



→ Monótona EV energético y Curva de AEP



	microturbinas 30 KW Trigeneración (MASE)	microturbinas 65 MW Trigeneración (MASE)	
DEMANDAS ENERGETICAS			
Consumo eléctrico (alumbrado y fem)	MWh/a	880	880
Vapor Calefacción y labandería	MWh/a	450	450
Fria Climatización	MWh/a	360	360
PRODUCCIONES			
Electricidad TG/Motore (E)	MWh/a	242	484
Generación Calor	MWh/a	450	450
por recuperación (V)	MWh/a	386	440
por calderas convencionales	MWh/a	64	10
Generación Agua frío	MWh/a	360	360
en máquinas absorción (F)	MWh/a	60	300
en chillers eléctricos	MWh/a	300	60
CONSUMOS			
Gas natural para motores	MWh/a	931	1.729
Gas natural para calderas	MWh/a	71	11
Electricidad respaldo	MWh/a	0,4	0,7
Autoconsumos eléctricos cogen	MWh/a	7	15
Electricidad a usuario	MWh/a	0	0
Electricidad a chillers	MWh/a	60	12
BALANCE ELÉCTRICO			
E importación	MWh/a	0	1
E exportación	MWh/a	235	470
RENDIMIENTOS			
REE = E / (Q - (V+F)/0,9)	%	55,6%	53,4%
RG = (E + Vtotal) / Q	%	75,1%	70,9%
RE = E / Q	%	26,0%	28,0%
Ahorro energía primaria s/D. Europea	MWh _{PC}	89	250
Ahorro emisiones de CO ₂	t/a	18	50
Electricidad de REE	MWh/a	252	487
Porcentaje ahorro en. Primaria s/DE	%	8,7%	12,6%

Sistemas de cogeneración.

8. Estudios de viabilidad. Caso I



Evaluación económica

- Escenario energético: 70 \$/bbl
- Precio de la CMP: 20 €/MWhpc
- Precio del combustible: 42 €/MWhpci
- Tarifa de venta según actual RD661 (se ha considerado venta a tarifa)
- Coste de las energías terciarias (agua caliente): 52,5 €/MWh
- Coste de las energías terciarias (agua fría): 36,7 €/MWh

- Costes adicionales:
 - mantenimiento de los equipos generadores: 10,0 €/MWhe
 - personal de operación: 2 €/MWh
 - mantenimiento general: 1% precio inversión
 - seguros y varios: 1,5% sobre la inversión +1 €/MWhe.

- Las inversiones se han determinado mediante la estimación de los diferentes subsistemas y en referencia a la experiencia de AESA.

	microturbinas 30 KW Trigeneración (MASE)	microturbinas 65 MW Trigeneración (MASE)
INGRESOS		
Ventas de calor a usuarios @ 52,5 €/MWh	€/a	56.807 20.265
Ventas de frío a usuarios @ 36,7 €/MWh	€/a	2.200 11.000
Prima por eficiencia	€/a	483 834
Electricidad de exportación	€/a	33.860 67.719
GASTOS		
Combustible @ 42 €/MWh _{PCI}	€/a	42.320 39.092
Mantenimiento motores/turbinas	€/a	1.210 2.420
Mantenimiento de equipos @ 1% inv Física	€/a	660 1.300
Operación Cogeneración @ 2 €/Mwhe	€/a	484 968
Electricidad de respaldo @ 110 €/MWh	€/a	40 80
Seguros @ 1% inv Física1,2% cash-flow	€/a	834 1.600
CASH-FLOW	€/a	14.487 24.959
INVERSIÓN (PRELIMINAR)	€	66.000 130.000
PERIODO RETORNO INVERSIÓN	años	4,6 5,2
Coste financiación a 10 años al 6%	€/a	8.967 17.663
Cash-flow libre (después costes financieros)	€/a	5.520 7.296
TIR del proyecto (a 10 años antes de impuestos)	%	17,6% 14,0%

PROPUESTA

- ¬ Tecnología: **Microturbinas** en ciclo simple
- ¬ Potencia eléctrica **de 65 MW_e**
- ¬ Inversión **130 K€**
- ¬ Resultados energéticos
 - ¬ Ahorro de energía primaria. De 90 a 105 GWhpci/a
 - ¬ REE entre el 68 y 70%, valor 10 puntos superior al exigido en el actual RD661
 - ¬ PES aproximadamente del 16,5% muy superior al 10% del Anexo III, para considerar la cogeneración de alta eficiencia
- ¬ Resultados energéticos
 - ¬ Pay back entre 5 años
 - ¬ TIR a 10 años después de impuestos aproximadamente un 14%
 - ¬ VAN a 10 años después de impuestos unos 10 M€
 - ¬ Cash flow libre (cash flow – costes de capital del 100% de la inversión a 10 años al 6% de interés) de 17,7 k€

Sistemas de cogeneración.

8. Estudios de viabilidad. Caso I

