



INGENIEROS DE MÁQUINAS TÉRMICAS Y DE
TRANSFORMACIONES ENERGÉTICAS

VAPOR INDUSTRIAL DESDE 1957

WWW.GICONMES.ES

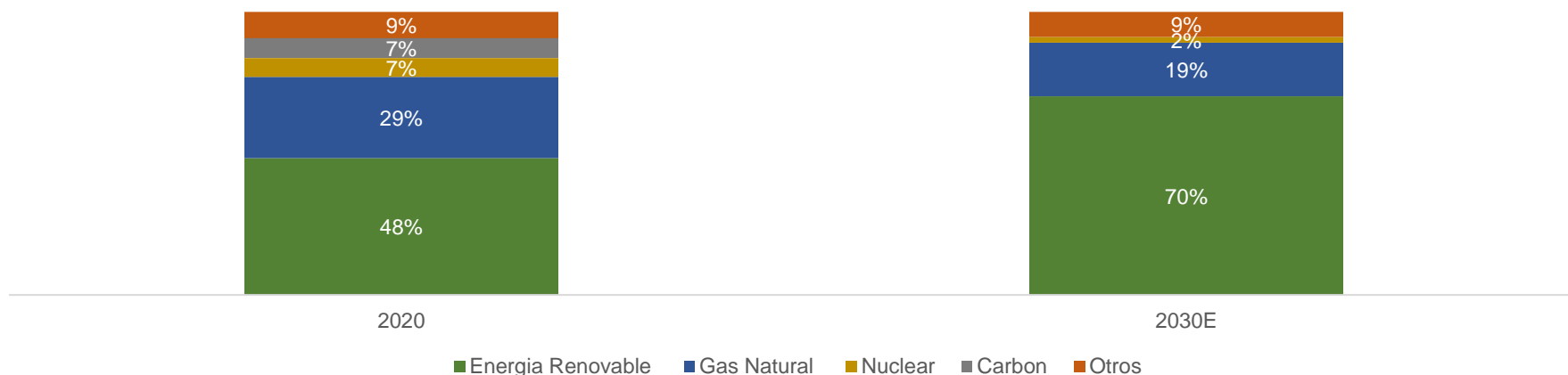
Sección 1: Consideraciones generales

Plan nacional integrado de Energía y Clima (PNIEC, 2021 – 2030)

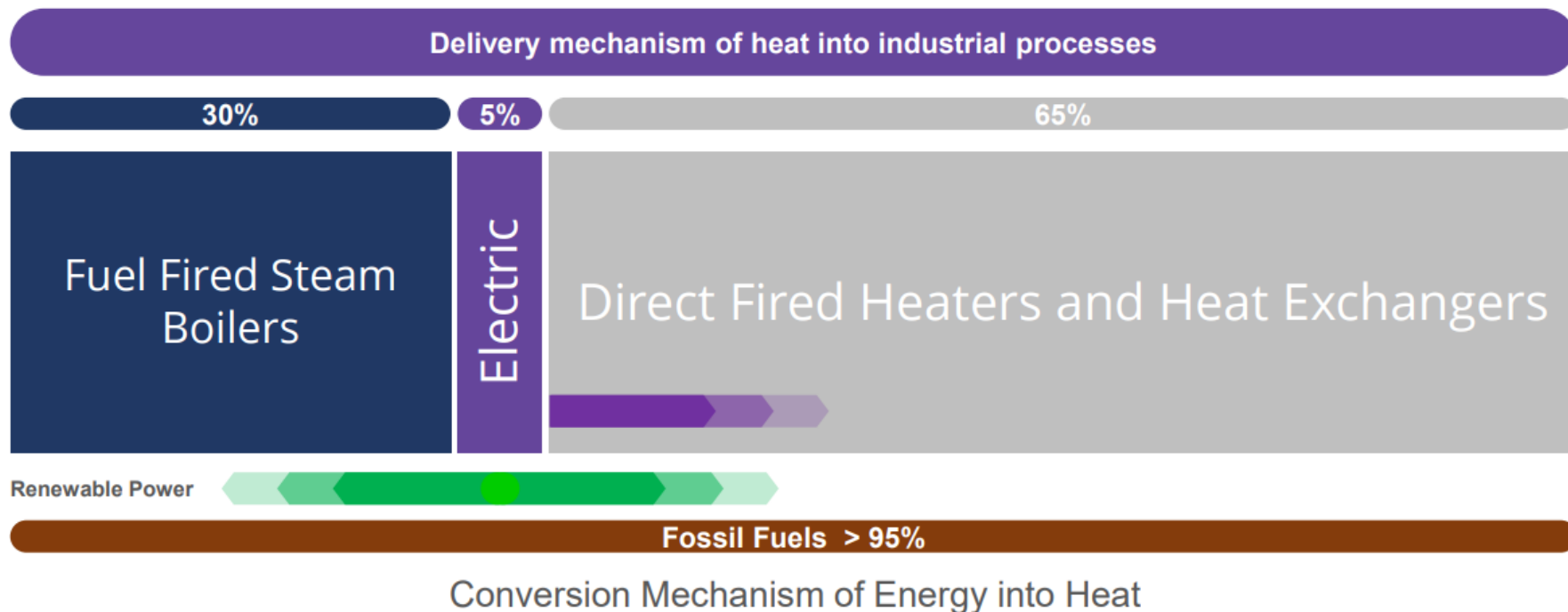
La descarbonización prevista del sector industrial será el resultado de la importante penetración de tecnologías renovables que irán sustituyendo de forma progresiva la generación de origen fósil

La generación eléctrica renovable representará en 2030 el 74% de la potencia instalada (MW) en España, coherente con una trayectoria hacia un sector eléctrico 100% renovable en 2050

Parque de generación del Escenario Objetivo (MW) marcado por el Gobierno de España



La alternativa eléctrica está desplazando a los combustibles fósiles como alternativa de calor para procesos industriales



A medida que la energía renovable gana cuota en la capacidad instalada de cada país, el proceso de descarbonización acelera dando paso a alternativas eléctricas en detrimento de los combustibles fósiles

Vapor: electricidad o energía fósil?



- **Resistencias eléctricas:** Hasta 250kW
- **Electrodos:** A partir de 250 Kw
- **Inducción:** Aplicaciones especiales



- **Piro tubulares:** Agua por exterior y humos por interior de tubos
- **Acuatubulares:** Agua por interior y humos por exterior de tubos

Electricidad

Combustible fósil

Inversión (€/kg vapor)

c. 170

c. 200

Fiabilidad



Eficiencia

99%

75%

Coste real (€/kg vapor)

Coste operativo – Valor de mermas

0,12 – 0,15

0,15 – 0,20

Opción Fotovoltaica



Reducción del gasto en 6% por cada 100kWh



Emisiones CO2

Neutro

100%

Economía circular



Eficiencia de las instalaciones de vapor en función de su utilización

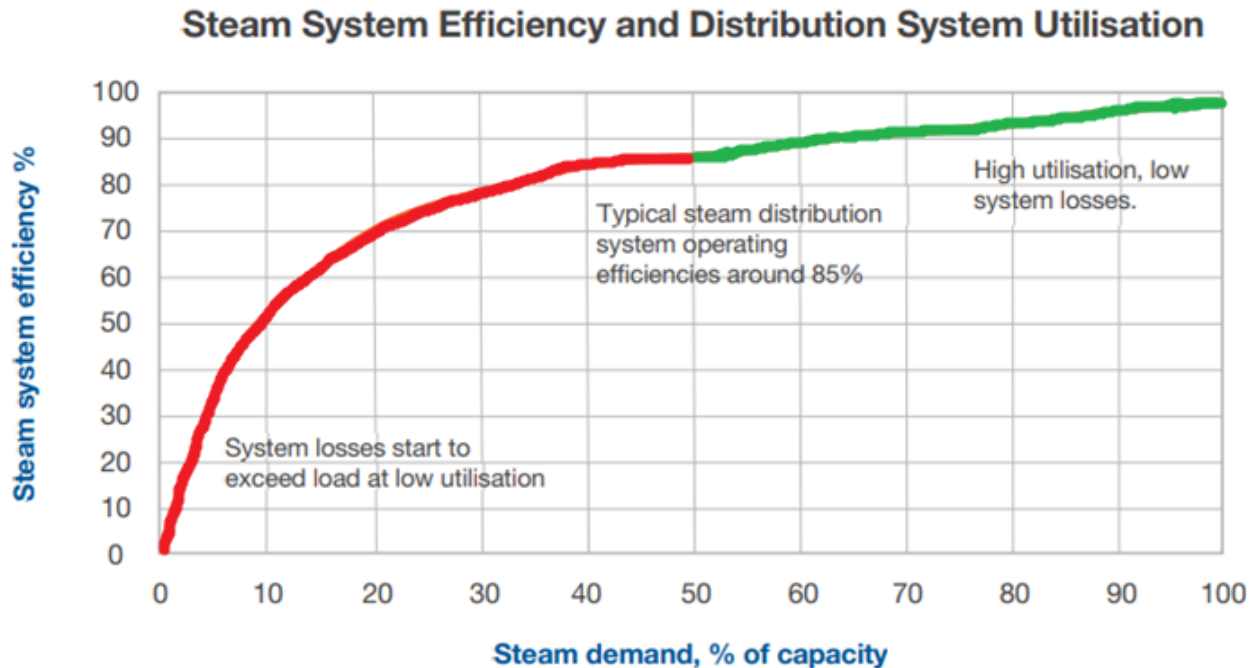
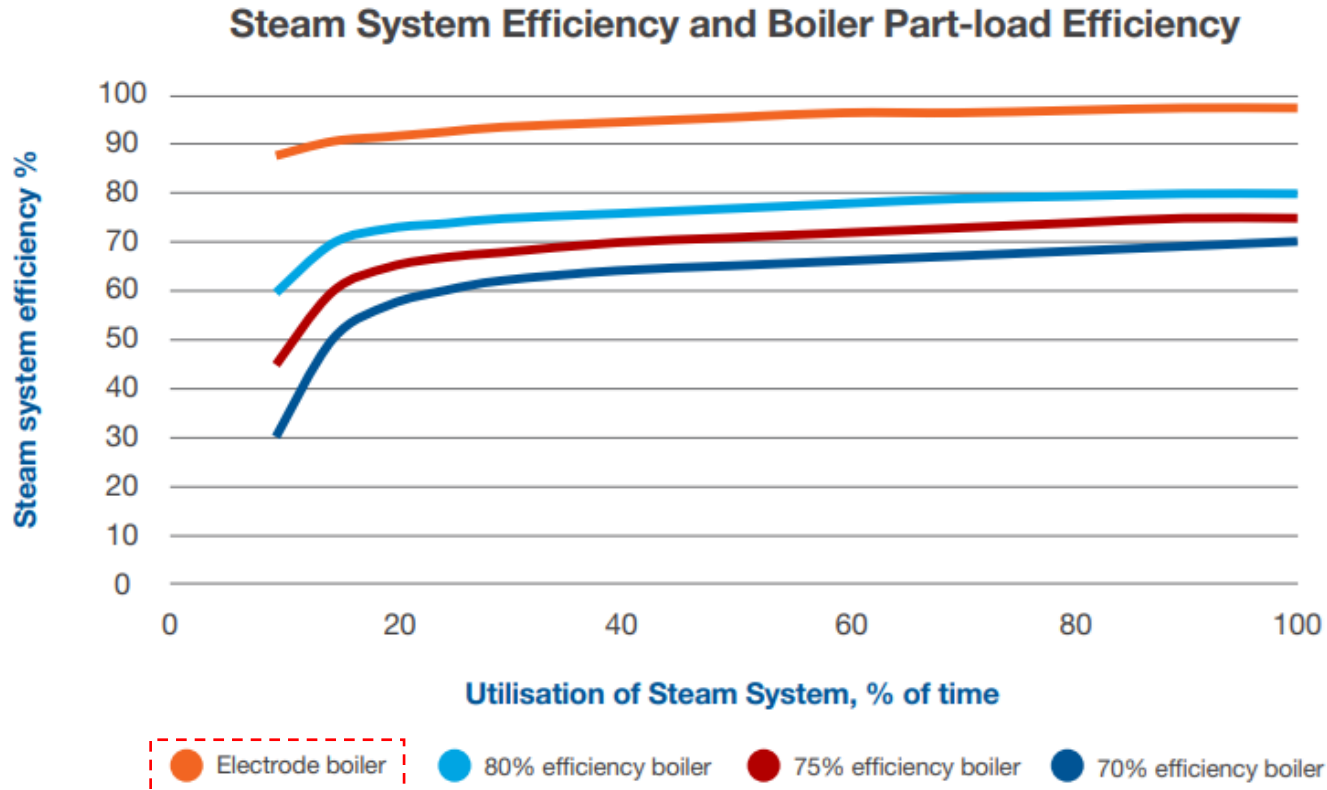


Figure 5. Steam system efficiency at part load utilisation

Source: ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Report_WP2.pdf

La eficiencia de las calderas de combustión depende de los índices de utilización y cargas en que trabajan. Por debajo del 50% de demanda, la eficiencia cae en picado

Eficiencia de las instalaciones de vapor en función de su utilización (cont'd)



Mientras las calderas eléctricas mantienen su alta eficiencia con reducida utilización

Ventajas y condicionantes de la alternativa eléctrica

Ventajas

- A Eficiencia:** Incluso en niveles de utilización bajos, la alternativa eléctrica es mas eficiente que la fósil permitiendo reducir la dimensión de instalación para la misma capacidad de generación
- B Emisión cero de gases contaminantes:** Neutro en emisiones directas y posibilidad de ser 100% limpio mediante uso de energía renovable
- C Seguridad:** No hay combustión, ni emisión de humos ni otros gases. Tampoco es necesario un especialista para operar ni sala de calderas
- D Coste de mantenimiento:** Ser estructural y mecánicamente más simples, permite agilizar y reducir tiempo y costes del mantenimiento
- E Potencia incremental en función de necesidades (modularidad):** Posibilidad de configurar un generador modularmente con varias opciones de potencia independientes
- F Simplificación de la instalación:** Posibilidad de instalar la caldera eléctrica cerca del punto de aplicación del vapor reduciendo costes de instalación e ineficiencias en presión y temperatura

Condicionantes

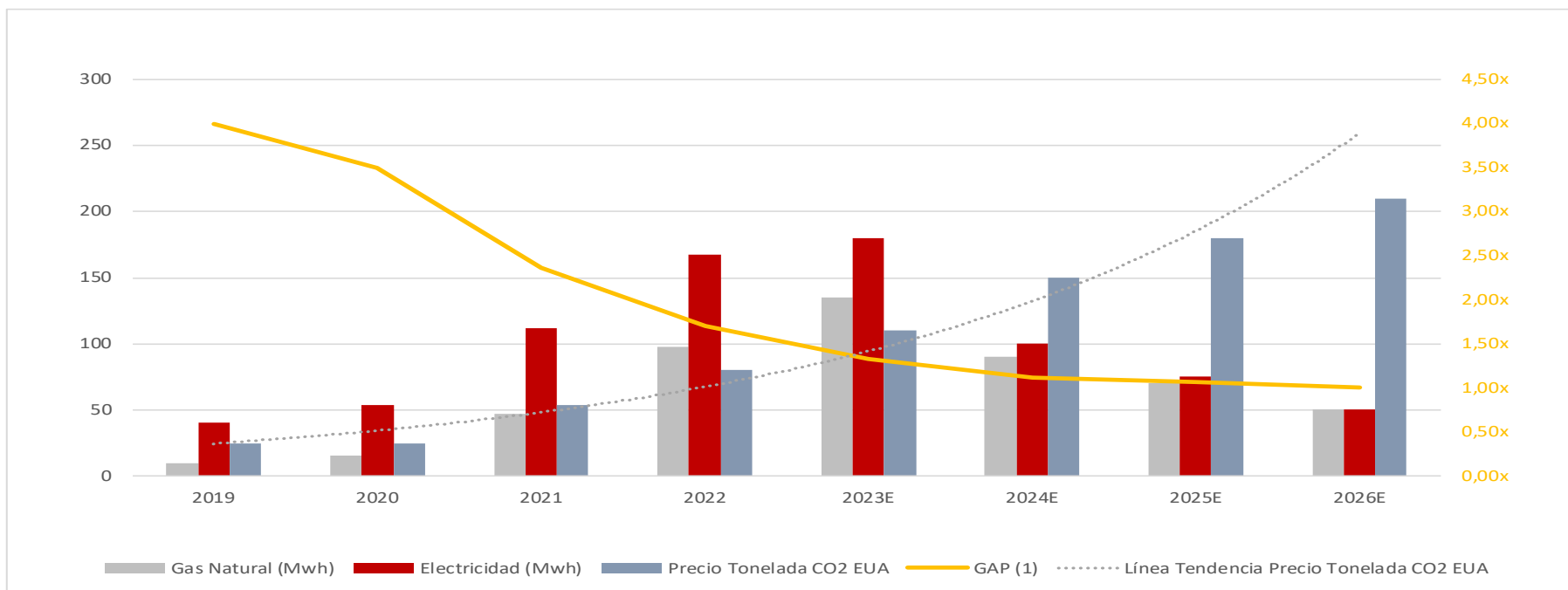
- A Coste de la electricidad:** Tendencia clara a converger de electricidad/gas en precio, aunque la paridad podría tardar dos o tres años
- B Capacidad de la red eléctrica:** puede requerir de adaptaciones de la red/instalación eléctrica
- C Afecciones ante potenciales cortes eléctricos:** Hay que considerar potenciales intervenciones por mantenimiento de redes

Precio: Electricidad vs Gas

| PRECIO MEDIO/AÑO | REAL | | | | ESTIMADO | | | |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023E | 2024E | 2025E | 2026E |
| | | MWh | MWh | MWh | MWh | MWh | MWh | MWh |
| Gas Natural (Mwh) | 10,1 | 15,3 | 47,3 | 98,1 | 135 | 90 | 70 | 50 |
| Electricidad (Mwh) | 40,3 | 53,4 | 111,9 | 167,5 | 180 | 100 | 75 | 50 |
| Precio Tonelada CO2 EUA | 24,80 € | 24,75 € | 53,55 € | 80,62 € | 110,00 € | 150,00 € | 180,00 € | 210,00 € |
| GAP (1) | 3,99x | 3,49x | 2,37x | 1,71x | 1,33x | 1,11x | 1,07x | 1,00 € |

Datos actualizados a 31/12/2022

Elaboración propia. Fuente de datos: MIBGAS y OMIE



Fuente: MIBGAS (Precio Medio entrega D+1) y OMIE (Precio Medio Aritmético mercado diario)

Notas: Elaboración propia; (1) Diferencia proporcional entre precio del gas y de la electricidad

Sección 2: Análisis económico de la alternativa eléctrica

- **La producción de 1Kg de vapor requiere un consumo de 0,066 Nm³/h de Gas natural**
- **La producción de 1Kg de vapor con energía eléctrica requiere de 0,72 Kwh**

1. 250 kg de vapor en 4 puntos distintos.
2. Agua apta para calderas y alimentación de red.
3. Fiabilidad según ASME-McPerson Reliability Steam Index.
4. Potencia eléctrica instalada: 720 kW
5. Presión de trabajo: 8 bar
6. Vida de los equipos: 5 años x 220 días/año x 24 h/día
7. Eficiencia con consumo eléctrico 100%
8. Rendimiento térmico caldera de gas: 89%
9. Diámetro de tuberías: ½" BSP ISO 227. A mayor diámetro la pérdida de carga es proporcional a la masa de la tubería
10. Pérdida de carga: se considera la normalizada en ASME, es decir, 1,4 kg de vapor por metro lineal de tubería
11. Metros de tubería: 300 para la instalación de gas y 40 (4 x 10) para las eléctricas
12. Se consideran los equipos trabajando a plena potencia
13. Precios octubre 2022: electricidad 0,20 €/kWh y gas a 0,15 €/kWh

Consideraciones económicas - inversión

| € | Alternativa Eléctrica (4 x NGV60180 = 1.000 kg/hora) | Alternativa Gas Natural I (1 x Caldera = 2.000kg/hora) | Alternativa Gas Natural II (2 x Caldera = 2.000kg/hora) |
|--|---|---|--|
| Generador de vapor | 87.440 (4 x NGV60180) | 85.000 (1 x Caldera) | 142.000 (2 x Calderas) |
| Chimenea de 10 metros inox, economizador, otros | 0 | 15.300 | 24.600 |
| Tanque de purga y condensados | 11.800 | 15.000 | 18.600 |
| Cableado menor y aparamento | 16.000 | 5.500 | 2.200 |
| Sala de calderas, tanque combustible, conexiones, proyectos etc. | 1.000 | 60.000 | 60.000 |
| Instalación y control | 12.000 | 15.000 | 30.000 |
| 50 m de cable instalado para 180 Kw/h= 10.000€ (Ref) | 40.000 | 0 | 0 |
| Total (€) | 168.240 | 195.800 | 277.400 |

Necesitamos instalar calderas de gas natural con necesidades sobredimensionadas por las mermas de eficiencia, presión y temperatura que se producen



Producción de 1000 Kg/h de vapor

1 Cálculo del coste por hora de ambas alternativas

| | Alternativa Eléctrica | Alternativa Gas Natural |
|--|-----------------------|------------------------------------|
| Objetivo - Kg / hora | 1,000 | 1,000 |
| Ratio eléctrico (Kg/kW instalado) / Poder calorífico (kWh/Nm3) | 1,39 | 11,98 |
| Potencia instalada (kW) / (66 Nm3/h x 11,98 kWh/Nm3 = 791 kw) | 720 | 791 |
| Consumo eléctrico (kWh) | 720 | 791 |
| Coste € kW/h | 0,20 | 0,14 |
| Coste mantenimiento (€/hora) | 1,73 | 2,30 / 2,80 (x2 calderas) |
| Coste/hora (€) de producir 1,000kg | 145,7 | 113,0 / 113,5 (x2 calderas) |

2 Coste operativo €/kg

| Producción de 1.000kg de vapor por hora durante 5 años | | | | | | | | | |
|--|--------|-------------------------------|----------------------|---------------|----------------------|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------|
| | Horas | Coste/hora (€) ⁽¹⁾ | Gasto en energía (€) | Kg producidos | Merma por eficiencia | Merma por presión | Merma por temp. | Kg netos producidos | Coste Kg vapor (€) |
| Energía eléctrica - 4 x NGV60180 (720 Kw/h x 0,20 €/Kw/h x 26.400 horas) | 26.400 | 145,7 | 3.847.200 | 26.400.000 | 1% | 1% | 1% | 26.004.000 | 0,1479 |
| Energía fósil - 1 x Caldera de Gas Natural (791 Kw/h x 0,14 €/Kw/h x 26.400 horas) | 26.400 | 112,99 | 2.983.053 | 26.400.000 | 11% | 15% | 15% | 15.576.000 | 0,1915 |
| Energía fósil - 2 x Caldera de Gas Natural (393 Kw/h x 0,14 €/Kw/h x 26.400 horas) | 26.400 | 56,75 | 2.996.353 | 26.400.000 | 11% | 12% | 13% | 16.896.000 | 0,1773 |

Sección 3: Compatibilidad con instalación fotovoltaica

Ahorro en cinco años cada 100kW de FV instalados

| | |
|---|------------------|
| Kw nominales de instalación | 100,00 |
| kWp | 114,95 |
| Numero de módulos GCL-M10/72H | 209,00 |
| Wp/módulo | 550,00 |
| Superficie aproximada m2 | 500,00 |
| Inversión | 79.998,00 |
| Costo medio del KWh en octubre de 2022 según OMIE | 0,20 |
| Generación FV kWh/año para autoconsumo | 153.791,00 |
| Ahorro anual/€ | 30.758,20 |

No incluye subvenciones UE, nacionales, autonómicas ni municipales