

# PROYECTO FIN DE CARRERA

## MEMORIA

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA INSTALACIÓN  
FOTOVOLTAICA Y DE BIOMASA EN UNA  
EXPLOTACIÓN DE CERDAS REPRODUCTORAS EN EL  
TÉRMINO MUNICIPAL DE TORRES DE ALCANADRE  
(HUESCA)

VIABILITY ANALYSIS OF A PHOTOVOLTAIC AND  
BIOMASS INSTALLATION IN A SOW FARM AT THE  
MUNICIPAL TERM OF TORRES DE ALCANADRE  
(HUESCA)

Autor/es

Juan Viñuales del Egidio

Director/es

Hugo Malón

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Año 2017



## ÍNDICE

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1 Resumen ejecutivo .....	11
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>12</b>
2.1 Objetivo, justificación y utilidad.....	2
2.2 Alcance. ....	2
<b>3. Descripción de las instalaciones .....</b>	<b>1</b>
3.1 Ubicación y descripción de las instalaciones y procesos. ....	3
3.2 Consumos energéticos. ....	5
3.2.1 Consumo eléctrico.....	5
3.2.2 GLP (Gas Licuado de Petróleo) .....	6
3.3 Análisis de alternativas.....	7
<b>4. La biomasa.....</b>	<b>1</b>
4.1 Descripción del sector. ....	8
4.2 La biomasa como combustible alternativo. ....	8
4.3 Caracterización de los biocombustibles.....	10
4.3.1 Tipos de biomasa.....	10
4.3.2 Descripción de los biocombustibles.....	11
4.3.3 Especificaciones de los combustibles sólidos. ....	11
4.4 Forma de comercialización .....	12
4.5 Forma de distribución y transporte. ....	12
4.6 Selección del biocombustible.....	13
4.6.1 Consideraciones según biocombustible.....	13
4.6.1.1 Pellets de madera.....	13
4.6.1.2 Astillas de madera.....	14
4.6.1.4 Residuos agroindustriales. ....	15
4.7 Instalaciones de biomasa. ....	16
4.7.1 Almacenamiento de combustible. ....	17
4.7.2 Transporte de la biomasa al equipo de combustión.....	17
4.7.3 Equipos y cámaras de combustión.....	17
4.7.4 Calderas.....	18
4.7.5 Recuperadores auxiliares de calor. ....	18
4.7.6 Extracción de ceniza .....	19
4.7.7 Chimenea y depuración de gases.....	19

<b>5. Dimensionado de la biomasa .....</b>	<b>1</b>
5.1 Necesidades previas.....	20
5.1.1 Necesidades térmicas de la explotación. ....	20
5.2 Elección del biocombustible.....	21
5.2.1 Necesidades de biocombustible. ....	22
5.2.2 Dimensionado del almacenamiento. ....	23
5.3 Elección de caldera.....	24
5.3.1 Potencia de la caldera. ....	25
5.3.2 Extracción de cenizas. ....	26
<b>6. Viabilidad económica de la biomasa .....</b>	<b>1</b>
6.1 Introducción .....	27
6.2 Estudio económico .....	27
6.2.1 Precio del GLP.....	27
6.2.2 Precio del pellet.....	28
6.2.3 Préstamos financieros. ....	29
6.2.4 Índices de rentabilidad .....	30
6.2.5 Presupuesto.....	31
6.2.5.1 Instalación caldera alta eficiencia GLP .....	31
6.2.5.2 Instalación caldera alta eficiencia de biomasa.....	31
6.3 Análisis de la inversión. ....	34
6.3.1 Caldera de GLP nueva de alta eficiencia. ....	34
6.3.1.1 Financiación del 100%.....	34
6.3.1.2 Financiación del 50%.....	34
6.3.1.3 Sin financiación. ....	35
6.3.1.4 Payback. ....	36
6.3.2 Caldera de biomasa de alta eficiencia.....	37
6.3.2.1 Financiación del 100%.....	37
6.3.2.2 Financiación del 50%.....	38
6.3.2.3 Sin Financiación.....	38
6.3.2.4 Payback. ....	39
<b>7. La fotovoltaica .....</b>	<b>1</b>
7.1 Introducción .....	40
7.2 La radiación solar .....	40
7.3 Horas pico solar.....	41

7.4 El sector fotovoltaico.....	42
7.5 Instalaciones fotovoltaicas. ....	43
7.5.1 Componentes de una instalación fotovoltaica.....	43
7.5.2 Tipos de instalaciones fotovoltaicas.....	44
7.5.2.1 Instalaciones aisladas de la red de la red eléctrica. ....	44
7.5.2.2 Instalaciones conectadas a la red eléctrica. ....	45
7.5.2.2.1 Autoconsumo instantáneo.....	46
7.5.2.2.2 Autoconsumo con balance neto. ....	47
<b>8. Dimensionado de la fotovoltaica .....</b>	<b>1</b>
8.1 Introducción. ....	49
8.2 Necesidades previas.....	49
8.3 Dimensionado. ....	51
8.3.1 Instalación fotovoltaica aislada .....	52
8.3.1.1 Demanda energética. ....	52
8.3.1.2 Aportación del sistema fotovoltaico aislado.....	52
8.3.1.2.1 Características de la instalación aislada. ....	54
8.3.1.2.1.1 Instalación aislada con 3 días de autonomía. ....	54
8.3.1.2.1.2 Instalación aislada con 1 días de autonomía. ....	55
8.3.1.2.1.3 Producción eléctrica instalación aislada fija .....	56
8.3.2 Instalación conectada a red .....	57
8.3.2.1 Instalación conectada a red con soportes variables estacionales. ....	57
8.3.2.1.1 Producción eléctrica instalación conectada a red con inclinación variable. ....	58
8.3.2.2 Instalación conectada a red con soportes fijos (40º). ....	59
8.3.2.2.1 Producción eléctrica instalación conectada a red con inclinación fija (40º). ....	60
8.3.2.2.1.1 Producción eléctrica instalación conectada a red con inclinación fija (40º). ....	60
8.3.2.2.2 Producción eléctrica instalación conectada a red con inclinación fija (40º). ....	60
8.3.2.3 Diferencia de producción eléctrica entre instalación con soportes fijos y variables. ....	61
8.4 Análisis económico.....	62
8.4.1 Tarifa eléctrica.....	63
8.4.2 Préstamo financiero. ....	63
8.4.3 Índices de rentabilidad. ....	64
8.5 Esquema de conexiones de la instalación aislada.....	64
8.6 Instalación fotovoltaica conectada a red. ....	66
8.6.1 Características de la instalación. ....	66
8.6.1.1 Conexiones de la instalación. ....	66

<b>9. Viabilidad económica de la fotovoltaica .....</b>	<b>1</b>
9.1 Análisis económico.....	68
9.1.1 Tarifa eléctrica.....	68
9.1.2 Préstamo financiero.....	69
9.1.3 Índices de rentabilidad.....	69
9.2.1 Opción 1: Instalación aislada con 3 días de autonomía.....	70
9.2.1.1 Resumen del presupuesto.....	70
9.2.1.2 Cobros ordinarios.....	70
9.2.1.3 Subvenciones y ayudas.....	71
9.2.1.4 Pagos ordinarios.....	71
9.2.1.5 Análisis de la inversión.....	73
9.2.1.5.1 V.A.N de la instalación fotovoltaica aislada con 3 días de autonomía.....	73
9.2.1.5.2 Umbral de rentabilidad.....	74
9.2.2 Opción 2: Instalación aislada con 1 día de autonomía.....	75
9.2.2.1 Resumen del presupuesto.....	75
9.2.2.2 Cobros ordinarios.....	75
9.2.2.3 Subvenciones y ayudas.....	76
9.2.2.5 Análisis de la inversión.....	76
9.2.2.5.1 V.A.N de la instalación fotovoltaica aislada con 1 días de autonomía.....	76
9.2.2.5.2 Umbral de rentabilidad.....	77
9.2.3 Opción 3: Instalación conectada a red.....	78
9.2.3.1 Resumen del presupuesto.....	78
9.2.3.2 Subvenciones y ayudas.....	78
9.2.3.3 Cobros ordinarios.....	79
9.2.3.4 Pagos ordinarios.....	79
9.2.3.5 Análisis de la inversión.....	79
9.2.3.5.1 V.A.N de la instalación fotovoltaica conectada a red.....	80
9.2.3.5.2 Umbral de rentabilidad.....	80
<b>10. Conclusiones .....</b>	<b>1</b>
10.1 Conclusiones instalación biomasa.....	82
10.2 Conclusiones instalación fotovoltaica.....	83

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Consumo eléctrico mensual (kWh).....	5
Gráfica 2 factor de corrección en función de la humedad. Fuente: IDEA.....	10
Gráfica 3 Media mínima en el periodo 2003-2011 en Torres de Alandre (Huesca). Fuente: Oficina del regante de Aragón. ....	20
Gráfica 4 Evolución del precio del pellet de madera 2000-2013. Fuente: Propellets Austria ....	21
Gráfica 5 Evolución del precio del GLP. Fuente: Comisión Nacional de Energía (CNE).....	27
Gráfica 6 9 Pay Back de la inversión de la caldera de GLP. ....	36
Gráfica 7 Pay Back de la inversión de la caldera de biomasa.....	39
Gráfica 8 Evolución de la capacidad solar fotovoltaica en el mundo desde 1995 hasta 2012 en GW. Fuente: Renewables 2013 Global Status Report.....	43
Gráfica 9 Consumos eléctrico bimensual (kWh) .....	50
Gráfica 10 Energía Producida - Requerida en la explotación fotovoltaica aislada.....	57
Gráfica 11 Energía producida en la explotación conectada a red con soporte de inclinación variable (kWh) .....	59
Gráfica 12 Energía producida en la explotación conectada a red con soporte de inclinación fija. .....	61
Gráfica 13 Comparativa entre producción fotovoltaica con estructura variable (30/60º) o fija (40º) en una instalación conectada a red. ....	62
Gráfica 14 Comparación del V.A.N con las diferentes opciones de instalación.....	83
Gráfica 15 Umbral de rentabilidad de la instalación.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Poderes caloríficos de residuos agroindustriales. Fuente: CIEMAT .....	9
Tabla 2 Poder calorífico inferior de varios biocombustibles sólidos.....	11
Tabla 3 Principales formas de comercialización de los combustibles sólidos. ....	12
Tabla 4 Evolución del precio del GLP en los próximos 10 años.....	28
Tabla 5 Evolución del precio del pellet en los próximos diez años.....	28
Tabla 6 Tipo de interés fijo máximo del crédito ICO según número de plazos. Fuente: ICO.....	29
Tabla 7 Tasa de actualización .....	30
Tabla 8 Coste anual del combustible según tipo de caldera. ....	32
Tabla 9 Evolución del ahorro de combustible durante un periodo de 10 años.....	33
Tabla 10 Comparativa de los periodos de amortización según el tipo de caldera a instalar.....	33
Tabla 11 V.A.N. de la inversión con el 100% de financiación.....	34
Tabla 12 V.A.N. de la inversión con el 50% de financiación.....	34
Tabla 13 V.A.N. de la inversión sin financiación.....	35
Tabla 14 V.A.N. de la inversión con el 100% de financiación.....	37
Tabla 15 V.A.N. de la inversión con el 50% de financiación.....	38
Tabla 16 V.A.N. de la inversión sin financiación.....	38
Tabla 17 Radiación solar horizontal diaria (Wh/m2/día) según mes en Torres de Alcanadre (Huesca) Fuente: PV GIS.....	51
Tabla 18 Consumo eléctrico diario total mayorado según el factor de seguridad (kWh).....	52

Tabla 19 Resumen de la producción eléctrica de la instalación calculada a través del PVSyst según base de datos e inclinación.....	53
Tabla 20 Componentes de la instalación fotovoltaica aislada con 3 días de autonomía. ....	54
Tabla 21 Componentes de la instalación fotovoltaica aislada. ....	55
Tabla 22 Componentes de la instalación fotovoltaica conectada a red con soportes de inclinación variable.....	57
Tabla 23 Componentes de la instalación fotovoltaica conectada a red con soportes fijos.....	59
Tabla 24 Tarifa eléctrica actual en la explotación porcina. ....	63
Tabla 25 Coste de la electricidad mensual de la explotación porcina. ....	63
Tabla 26 Conexión serie-paralelo de baterías según autonomía.....	65
Tabla 27 Análisis de alternativas en la conexión serie-paralelo de los paneles fotovoltaicos....	67
Tabla 28 Tarifa eléctrica actual en la explotación porcina. ....	68
Tabla 29 Coste de la electricidad mensual de la explotación porcina. ....	69
Tabla 30 Valores climatológicos normales en Huesca. Fuente: AEMET .....	72
Tabla 31 Consumo anual de combustible por días sin sol. ....	72
Tabla 32 V.A.N de la inversión de la instalación fotovoltaica aislada con 3 días de autonomía. 73	
Tabla 33 Umbral de rentabilidad instalación aislada con 3 días de autonomía. ....	74
Tabla 34 Incremento del precio del kWh respecto al actual.....	74
Tabla 35 V.A.N. de la instalación aislada con 1 día de autonomía.....	76
Tabla 36 Umbral de rentabilidad instalación aislada con 3 días de autonomía. ....	77
Tabla 37 Incremento del precio del kWh respecto al actual.....	77
Tabla 38 Restribución por kWh. ....	79
Tabla 39 V.A.N. de la instalación aislada con 1 día de autonomía.....	80
Tabla 40 Umbral de rentabilidad instalación aislada con 3 días de autonomía. ....	80
Tabla 41 Incremento del precio del kWh respecto al actual.....	81

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Vista aérea de la ubicación de la explotación en Torres de Alcanadre (Huesca).....	3
Ilustración 2 Vista catastral de la explotación ganadera de Torres de Alcanadre (Huesca). ....	4
Ilustración 3 Depósito de GLP con capacidad para 4000 L. ....	6
Ilustración 4 Pellets de madera.....	14
Ilustración 5 Astillas de madera. ....	14
Ilustración 6 Cáscara de almendra y hueso de aceituna.....	15
Ilustración 7 Leña y briquetas. ....	16
Ilustración 8 Esquema de una instalación de biomasa. ....	16
Ilustración 9 Caldera de bioamasa automática de alto rendimiento.....	24
Ilustración 10 Resumen del presupuesto de la instalación de la nueva caldera de GLP. ....	31
Ilustración 11 Resumen del presupuesto de la instalación de la nueva caldera de biomasa. ....	32
Ilustración 12 Tipos de radiación solar.....	40
Ilustración 13 Mapa de radiación solar mundial (W/m <sup>2</sup> ). Fuente: <a href="http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area/">http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area/</a> .....	42



Ilustración 14 Esquema de una instalación fotovoltaica autónoma con todos los componentes anteriormente citados. ....	44
Ilustración 15 Esquema de una red eléctrica fotovoltaica aislada.....	45
Ilustración 16 Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a red.....	46
Ilustración 17 Perfil tipo de consumo-generación de una instalación fotovoltaica.....	47
Ilustración 18 Esquema de una instalación de autoconsumo y balance neto. ....	48
Ilustración 19 Interfaz de PVGIS.....	50
Ilustración 20 Orientación de los paneles fotovoltaicos en la explotación. ....	54
Ilustración 21 Orientación de los paneles fotovoltaicos en la explotación. ....	56
Ilustración 22 Orientación de los paneles fotovoltaicos en la explotación ....	58
Ilustración 23 Orientación de los paneles fotovoltaicos en la explotación. ....	60
Ilustración 24 Esquema módulos fotovoltaicos en instalación aislada.....	65
Ilustración 25 Esquema de instalación de baterías con 3 y 1 día de autonomía respectivamente. ....	66
Ilustración 26 Esquema de conexiones de la instalación fotovoltaica conectada a red.....	67
Ilustración 27Resumen de presupuesto de la instalación aislada con 3 días de autonomía.....	70
Ilustración 28 Resumen del presupuesto de una instalación aislada con 1 día de autonomía. .	75



Escuela Politécnica  
Superior - Huesca  
Universidad Zaragoza

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y DE BIOMASA EN UNA  
EXPLOTACIÓN DE CERDAS REPRODUCTORAS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE TORRES DE  
ALCANDRE (HUESCA)

---

# 1. Introducción

## **1.1 Resumen ejecutivo**

El presente proyecto plantea y pretende resolver la nueva problemática energética existente en la mayoría de las explotaciones de reproducción de porcino como consecuencia del alza en los costes energéticos asociados a su manejo. Desde el punto de vista operativo, estas explotaciones se caracterizan por un régimen de funcionamiento continuo durante todo el año y por unos elevados consumos energéticos, tanto térmicos como eléctricos, destinados principalmente a la consecución de unos determinados parámetros de confort, cuyo objetivo es la optimización y maximización de la productividad del proceso.

A partir del estudio de una de estas instalaciones de reproducción porcina, localizada en término municipal de Torres de Alcanadre (Huesca), se realiza un diagnóstico de viabilidad ante la posibilidad de instalación de una caldera de biomasa para satisfacer las necesidades térmicas de lechones y madres durante todas las etapas de crecimiento, y una instalación solar fotovoltaica que busca la producción de electricidad con el fin de reducir los costes eléctricos asociados al alumbrado y al funcionamiento de motores y ventiladores para la refrigeración del ganado porcino.

Las propuestas de sustitución de fuentes energéticas convencionales por renovables parten de la premisa de aprovechar los recursos naturales más abundantes y de más fácil captación en la zona, como son la radiación solar y en menor medida la biomasa vegetal. Por ello, mediante la aplicación de los sistemas citados anteriormente, se producirían ahorros energéticos y por tanto económicos respecto a la situación actual.



Escuela Politécnica  
Superior - Huesca  
Universidad Zaragoza

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y DE BIOMASA EN UNA  
EXPLOTACIÓN DE CERDAS REPRODUCTORAS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE TORRES DE  
ALCANDRE (HUESCA)

---

## 2. Objetivos

## **2.1 Objetivo, justificación y utilidad.**

El presente proyecto tiene como objetivo la reducción del consumo energético y el ahorro económico derivados de la actividad de la granja de reproducción porcina localizada en el término municipal de Torres de Alcanadre, en la provincia de Huesca.

Las explotaciones ganaderas como la estudiada en este trabajo, destinadas a la reproducción y cría de cerdos, plantean aspectos diferenciales con respecto a las explotaciones dedicadas únicamente al engorde porcino, ya que los procesos de fecundación, reproducción y cría tienen unos requerimientos especiales tanto a nivel de higiene como de climatización. Esto supone que los consumos energéticos en este tipo de instalaciones sean especialmente elevados.

La utilidad del proyecto pretende ser la optimización del uso/consumo de los recursos energéticos a efectos de conseguir un ahorro del consumo energético, de la factura energética y por consiguiente una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

## **2.2 Alcance.**

El desarrollo del proyecto comprende, en primer lugar, la realización de un muestreo de los consumos energéticos en la explotación ganadera elegida, principalmente mediante la revisión del coste de combustibles fósiles como el GLP utilizado para el calentamiento de la explotación; y los costes eléctricos asociados al funcionamiento de motores y ventiladores. Esto incluye:

En primer lugar, comprender la situación actual de la explotación ganadera. Esto implica:

- Parametrización del comportamiento energético de la explotación ganadera a partir de los datos del muestreo previo.

En segundo lugar, analizar las tecnologías actuales que ayuden a una mejora en las condiciones energéticas de la explotación. Esto incluye:

- Estudio de las diferentes opciones tecnológicas para la instalación fotovoltaicas.
- Estudio de las diferentes opciones tecnológicas para la instalación de la caldera de biomasa.

En tercer lugar, seleccionar las tecnologías más apropiadas para la explotación y valorar económicamente la implantación de las misma y su viabilidad y retorno.

No entra dentro del alcance de este proyecto la ejecución de las medidas prescritas, así como tampoco la ingeniería de detalle de instalaciones ni su implementación.



Escuela Politécnica  
Superior - Huesca  
Universidad Zaragoza

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y DE BIOMASA EN UNA  
EXPLOTACIÓN DE CERDAS REPRODUCTORAS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE TORRES DE  
ALCANDRE (HUESCA)

---

## **3. Descripción de las instalaciones**

### 3.1 Ubicación y descripción de las instalaciones y procesos.

La explotación ganadera objeto de estudio se sitúa en el término municipal de Torres de Alcanadre (Huesca), en un entorno rural, ocupando una superficie total de 7607 m<sup>2</sup>. La fotografía aérea de la explotación y sus coordenadas geodésicas pueden apreciarse en la siguiente imagen:



Ilustración 1 Vista aérea de la ubicación de la explotación en Torres de Alcanadre (Huesca).

La actividad principal de la explotación es la fecundación de cerdas y producción de lechones para su posterior selección y traslado a granjas de engorde de la misma empresa (Vall Company). La reproducción se lleva a cabo totalmente mediante inseminación artificial, con el fin de mejorar la eficiencia y la calidad del producto.

La explotación tiene un total de 500 hembras paridoras, que se renuevan a un ritmo de 10 plazas mensuales, siendo la "Vida útil" de cada hembra, que realiza 7 partos, de unos 2 años y medio. Como subproducto, se descartan unas 100 cerdas adultas/año que se llevan al matadero.

A nivel energético el proceso se alimenta de electricidad para iluminación y accionamientos (motores, ventiladores, neveras), y de GLP para la caldera.

En cuanto al proceso de cría las principales entradas son: el alimento, el semen seleccionado (procedente de laboratorio de Vall Company) como punto de partida del proceso de reproducción, el agua empleada para beber y limpiar.

En el plano general que se muestra a continuación, se puede observar la situación de la finca y la disposición de los edificios en los que se desarrolla la actividad.

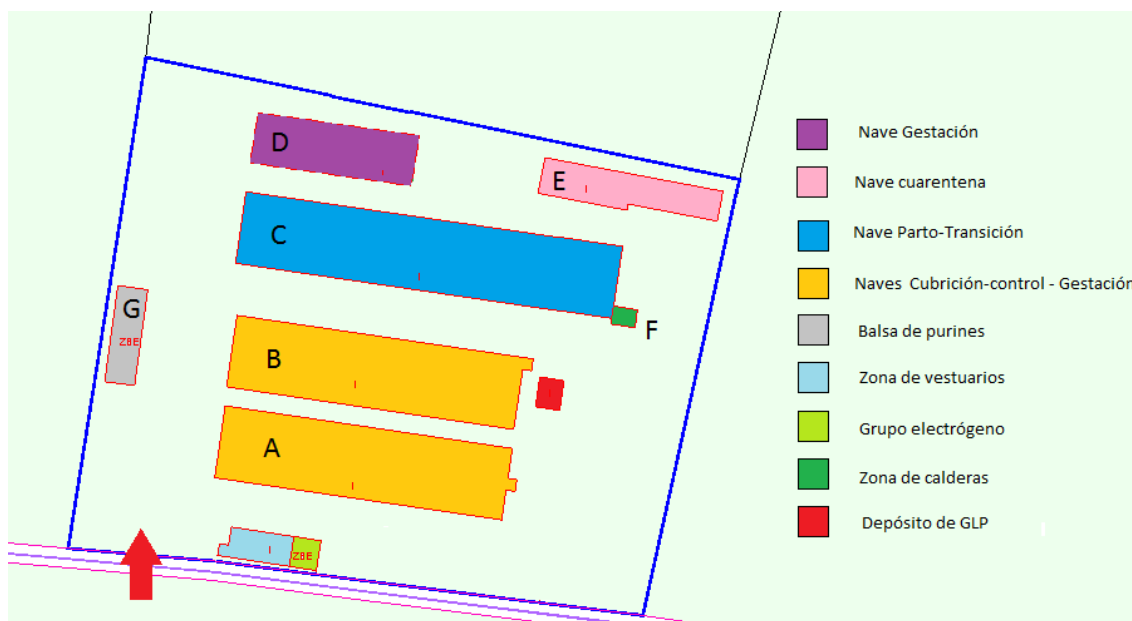


Ilustración 2 Vista catastral de la explotación ganadera de Torres de Alcanadre (Huesca).

La explotación está dimensionada para el manejo de 500 cerdas reproductoras al año y cumple con las condiciones de bienestar animal impuestas por la Unión Europea (Directiva 2008/120/CE) por la cual las cerdas gestantes no están confinadas en un espacio reducido, sino que conviven con otras cerdas y su movimiento es libre.

Cada una de estas edificaciones viene analizada en detalle en el Anejo I (pág 6). Además, se realizará una auditoría energética de la explotación, que nos permitirá obtener una “fotografía”, lo más fiel posible a la realidad, de la situación energética actual de la explotación ganadera estudiada y plantear posibles alternativas que contribuyan a la mejora de la eficiencia energética y a la reducción de consumos energéticos.

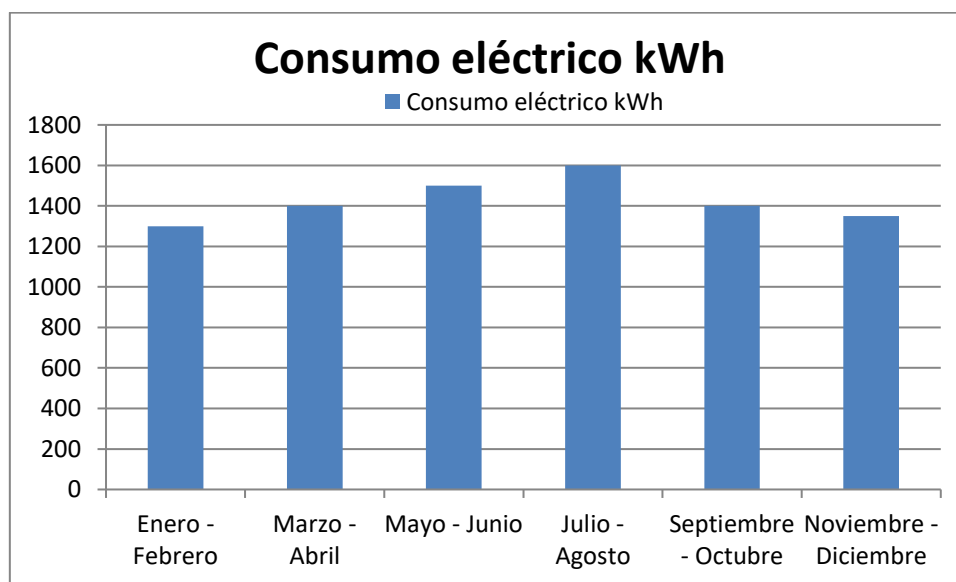


### 3.2 Consumos energéticos.

#### 3.2.1 Consumo eléctrico.

Las actuales necesidades eléctricas se cubren mediante una acometida eléctrica de BT con una potencia contratada de 30 kW. Por parte de la propiedad se obtiene las facturas eléctricas correspondientes a todo un año de funcionamiento.

Las facturas permiten graficar el comportamiento del consumo eléctrico en la explotación y obtener algunas conclusiones y recomendaciones al respecto.



Gráfica 1 Consumo eléctrico mensual (kWh)

El consumo anual es de **8550 kWh**, y se distribuye tal como se muestra en el gráfico, con un máximo en el mes de julio-Agosto cercano a los **1600 kWh**, que es cuando más electricidad se consume por el intensivo funcionamiento de la ventilación/humidificación.

Finalmente, en cuanto al empleo de la electricidad, al tratarse de una explotación con relativo bajo consumo y tener poco personal, los hábitos de consumo son los adecuados, demostrándose que las luces y máquinas se emplean sólo cuando son necesarias y permanecen correctamente apagadas cuando no lo son.

### 3.2.2 GLP (Gas Licuado de Petróleo)

La calefacción utilizada en toda la explotación se obtiene a partir de una caldera de GLP Ferroli Pegasus F2, con una antigüedad de 15 años. Se ubica próxima a la nave de maternidad y transición, con una potencia instalada de 56 kW nominales. La calefacción de la nave se realiza mediante el uso de placas de suelo radiantes sobre las que se montan los lechones.

El consumo anual de GLP es de 45.000 litros (2012), siendo el precio medio durante el periodo de 0,77 €/l, suponiendo un gasto anual de 35000 €.

No existe un gráfico donde se detallen los consumos mensuales debido a que se consume el GLP dependiendo de las condiciones ambientales, y se lleva a cabo la recarga del depósito de GLP cuando este se encuentra próximo a acabarse.

Teniendo en cuenta el hecho de que el mayor consumo energético, tanto eléctrico como de GLP, se produce en la naves de maternidad y transición, se opta por restringir el ámbito de la estudio y las acciones derivadas al edificios mencionado.



Ilustración 3 Depósito de GLP con capacidad para 4000 L.

### 3.3 Análisis de alternativas.

A partir de la visita a la explotación ganadera, y tras analizar los datos tanto de consumos eléctricos como térmicos, cabe plantearse una serie de mejoras que se pueden clasificar en dos grandes grupos o niveles de acción. Por un lado todas aquellas medidas que, implementadas sobre las instalaciones existentes, contribuyan a una reducción de los gastos energéticos. Por otro lado, las acciones de sustitución de fuentes energéticas convencionales por renovables. De entre todas las medidas destacamos las siguientes:

- Mejora de la eficiencia energética en las instalaciones existentes.
  - Reducción de potencia contratada.
  - Mejorar aislamientos-cerramientos.
  - Mejorar aislamiento de conductos.
  - Mejorar prácticas de limpieza y mantenimiento.
- Sustitución de fuentes de energía convencional por renovables.
  - Sustitución de las actuales calderas de GLP por calderas de biomasa.
  - Instalación de paneles fotovoltaicos para iluminación y accionamiento de motores.
  - Energía solar térmica de apoyo para calefacción.

Todas estas medidas aparecen detalladas en el anejo I (pag 14).



Escuela Politécnica  
Superior - Huesca  
Universidad Zaragoza

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y DE BIOMASA EN UNA  
EXPLOTACIÓN DE CERDAS REPRODUCTORAS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE TORRES DE  
ALCANDRE (HUESCA)

---

## 4. La biomasa

#### **4.1 Descripción del sector.**

Dentro del sector biomasa se engloba toda materia orgánica susceptible de aprovechamiento energético, en concreto la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), utiliza la definición de la Especificación Técnica Europea CEN/TS 14588 para catalogar la “biomasa” como “todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización”

De acuerdo con su procedencia podemos establecer los siguientes subsectores:

- Forestal.
- Agrícolas.
- Industrial forestal y agrícola.
- Cultivos energéticos.

De acuerdo con sus usos pueden utilizarse tanto para usos térmicos como para usos eléctricos, de esta forma podemos realizar una segunda división según su aplicación:

- Biomasa térmica.
- Biomasa eléctrica.

#### **4.2 La biomasa como combustible alternativo.**

Se define biomasa como la “materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía”, es decir, cualquier sustancia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales que resultan de su transformación natural o artificial.

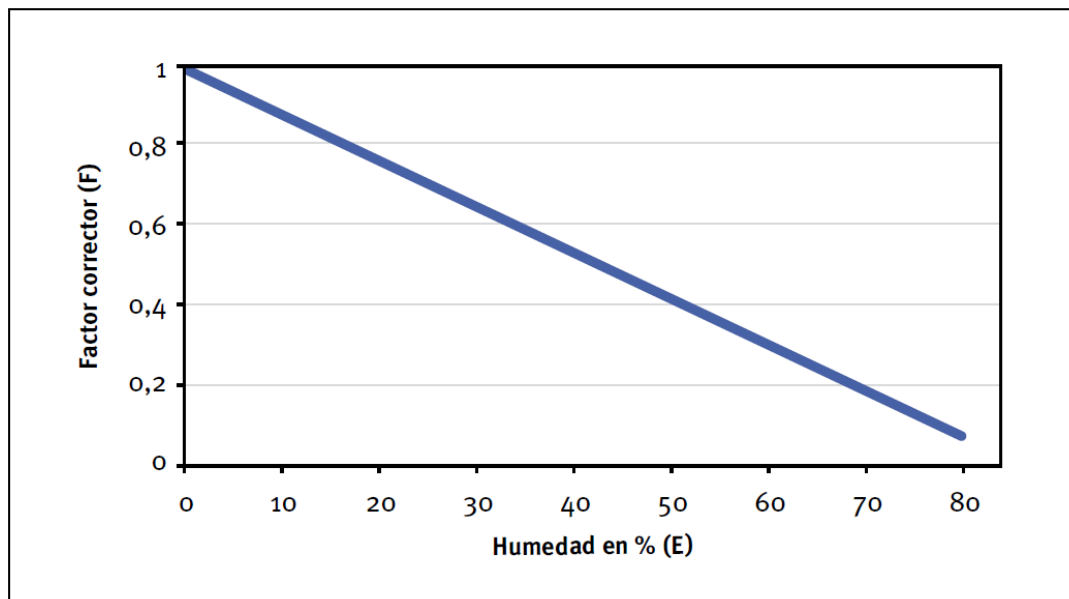
Estos combustibles pueden sustituir a los combustibles fósiles en explotaciones agrícolas que necesitan aporte térmico, como son el secado, la producción de agua caliente, vapor, aceite térmico, etc.

El contenido energético de la biomasa se mide a través de su poder calorífico. La tabla siguiente recoge el poder calorífico inferior (PCI) para distintos contenidos de humedad de los recursos biomásicos más habituales.

Productos		Humedad (%)	PCI (Kcal/Kg)	Humedad (%)	PCI (Kcal/Kg)
Leñas y ramas	Coníferas	20	3590	40	2550
	Frondosas		3310		2340
Serrines y virutas	Coníferas	15	3790	35	3760
	Frondosas autóctonas		3580		2600
	Frondosas tropicales		3780		2760
Cortezas	Coníferas	20	3650	40	2650
	Frondosas		3370		2380
Vid	Sarmientos	20	3280	40	2310
	Ramilla de uva	25	2950	50	1700
	Orujo de uva		3240	50	1960
Aceite	Hueso	15	3860	35	2810
	Orujillo		3780		2760
Cáscara frutos secos	Almendra	10	3940	15	3690
	Avellana		3710		3470
	Piñon		4090		3830
Cacahuete		10	3480	15	3260
Paja de cereales		10	3630	20	3160
Cascarilla de arroz		10	3370		
Girasol	Residuo de campo	10	3310	15	3090
Papel	Cartón, papel vario	5	3780	10	3630
	RSU frac. Plást.-pap.	5	4480	10	4210

Tabla 1 Poderes caloríficos de residuos agroindustriales. Fuente: CIEMAT

La humedad de la biomasa es un factor fundamental para el correcto funcionamiento de los equipos y para el dimensionado de los requerimientos térmicos de la explotación, por ello según el nivel de humedad del material se aplicará un factor de corrección sobre su PCI (Poder calorífico Inferior):



Gráfica 2 factor de corrección en función de la humedad. Fuente: IDEA

#### 4.3 Caracterización de los biocombustibles.

##### 4.3.1 Tipos de biomasa.

El desarrollo del mercado de la biomasa ha permitido que en la actualidad exista una gran variedad de biocombustibles sólidos susceptibles de ser utilizados en sistemas de climatización de agroindustrias.

Las materias más utilizadas para las aplicaciones térmicas de la biomasa son los residuos de las industrias agrícolas (cáscaras de almendras, huesos de aceitunas) y forestales (astillas, serrines) y los residuos de actividades silvícolas (podas, claras, limpieza de bosques) y de cultivos leñosos (podas, arranques).

En muchas ocasiones algunos de estos residuos se transforman en pellets y briquetas, astillas molturadas y compactadas que facilitan su transporte, almacenamiento y manipulación pero que requieren de un tratamiento previo encareciendo el producto final.

La siguiente tabla muestra las propiedades típicas de varios de estos combustibles.

	PCI (kJ/kg)	PCI (kWh/kg)	Humedad b.h. (%)
Pélets	17.000 – 19.000	4,7 – 5,3	< 15
Astillas	10.000 – 16.000	2,8 – 4,4	< 40
Hueso de aceituna	18.000 – 19.000	5,0 – 5,3	7 - 12
Cáscara de frutos secos	16.000 – 19.000	4,4 – 5,3	8 - 15
Leña	14.400 – 16.200	4,0 – 4,5	< 20
Bríquetas	17.000 – 19.000	4,7 – 5,3	< 20

b.h.: base húmeda.

Fuente: Norma UNE-CEN/TS 14961 EX y elaboración propia

**Tabla 2 Poder calorífico inferior de varios biocombustibles sólidos.**

#### 4.3.2 Descripción de los biocombustibles.

La gran variedad de combustibles biomásicos que es posible utilizar, recomienda una correcta caracterización de los mismos, con el objetivo de establecer unos criterios normalizados de calidad y precio que hagan más transparente y ágil el mercado de un combustible en fase de consolidación.

Todos los biocombustibles antes mencionados en la *Tabla 2* son descritos en detalle en el Anejo IV (pág. 29)

#### 4.3.3 Especificaciones de los combustibles sólidos.

Las especificaciones dependen de la forma de comercialización y de las propiedades del biocombustible ya que éstas influyen directa o indirectamente en su manipulación, así como en sus propiedades de combustión.

La biomasa se comercializa en muchas formas y tamaños, siendo estos regulados según la norma UNE-EN-14961-1:2011.

La clasificación de los tipos de combustible atiende a una multitud de propiedades como su geometría y morfología, humedad, el contenido en cenizas o la densidad aparente. Todos estos parámetros aparecen especificados en gran detalle para cada uno de los biocombustibles anteriormente citados en el Anejo IV (pág. 35)



#### 4.4 Forma de comercialización

La biomasa se comercializa en muchas formas y tamaños, algunos de los cuales pueden observarse en la siguiente tabla:

Biocombustible	Tamaño típico de partícula	Método de producción
Pélets	Diámetro < 25 mm	Compresión mecánica
Astillas (clase 1)	Dimensión mayor $\leq$ 31,5 mm	Corte con herramientas afiladas
Astillas (clase 2)	Dimensión mayor $\leq$ 63 mm	Corte con herramientas afiladas
Huesos de aceituna triturado	Dimensión mayor 3-5 mm	Molienda
Huesos de aceituna	Dimensión mayor 12-15 mm	Extracción de la aceituna de mesa
Leña	Longitud 100-1.000 mm	Corte con herramientas afiladas
Briquetas	Diámetro > 25 mm	Compresión mecánica

Tabla 3 Principales formas de comercialización de los combustibles sólidos.

#### 4.5 Forma de distribución y transporte.

El medio de transporte más apropiado para el reparto de biomasa depende del tipo y la forma de la biomasa, la cantidad a transportar, el tipo de cliente y la distancia a recorrer. Los combustibles de pequeña granulometría, como pellets, astillas y huesos de aceituna, se distribuyen en distintos formatos:

- A granel.
- En bolsas.

En cuanto al transporte tendremos diferentes opciones, al igual que anteriormente, según tipo de biocombustible, cantidad a transportar... Por ello los principales métodos de transporte son los siguientes:

- Remolque de caja de carga plana.
- Remolque de piso móvil.
- Contenedor.
- Volquete.
- Camión cisterna

#### **4.6 Selección del biocombustible.**

Una de las consideraciones más importantes para decidirse por la instalación de los sistemas de calefacción con biomasa de un tipo u otro es el aseguramiento del suministro de combustible. Debe asegurarse el suministro a medio-largo plazo con una calidad de la biomasa alta y constante, antes de su establecimiento. Asimismo, en la actual fase de penetración de este mercado, es recomendable acordar los precios para futuros suministros con el comercializador.

Es importante clarificar qué combustibles están disponibles localmente (existe suministrador o distribuidor cercano) pues éste será el factor decisivo que determine la elección final. Un biocombustible adecuado puede proceder de la industria agroforestal local, que produzca biomasa residual, de los residuos forestales municipales, de residuos de cultivos agrícolas, transformación de la madera, etc. Por ello, desde el primer momento conviene comprobar si hay disponibilidad de residuos adecuados de industrias agroforestales, astillas de producción local o pellets y briquetas de empresas proveedoras.

Es fundamental la disponibilidad de biomasa para la instalación de una caldera de este tipo. En los casos en los que exista disponibilidad de varios tipos de biocombustible, es recomendable analizar más detalladamente las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.

##### **4.6.1 Consideraciones según biocombustible.**

###### **4.6.1.1 Pellets de madera.**

- Ventajas:
  - Elevado poder calorífico.
  - Muy bajo contenido en cenizas, reduciendo las necesidades de operación y mantenimiento.
  - Las calderas de pellets son de muy alta eficiencia, incluso existen calderas de condensación de pellets.
  - Se comercian a nivel internacional, con una composición constante.
  - Se utilizan con composiciones estándar en Europa.
- Inconvenientes
  - Elevado precio en comparación con otras biomásas.

- Consideraciones:

- Precisa de almacenamiento en lugar aislado y seco.
- No necesita ningún tipo de secado o tratamiento una vez producido.
- Están estandarizados, por lo que presentan alta fiabilidad de operación y menor esfuerzo para la operación y mantenimiento de la caldera. Sin embargo, su coste es elevado debido al tratamiento al que son sometidos en su preparación.



Ilustración 4 Pellets de madera.

#### 4.6.1.2 Astillas de madera.

- Ventajas:

- Su coste de producción es inferior al de los pellets debido al menor proceso de elaboración requerido.
- Las astillas limpias de corteza y secas (clase 1) son normalmente de alta calidad.
- Tiene un grado medio de estandarización a nivel Europeo.

- Inconvenientes:

- Son menos densas que los pellets y el hueso de aceituna, por lo que precisan de un espacio mayor para el almacenamiento.
- Al ser menos densas, el transporte sólo se justifica hasta una distancia corta (< 50 km).

- Consideraciones:

- Su composición es variable.
- Es preciso secar la materia prima de forma natural o artificial hasta una humedad inferior al 45%, o incluso menor que el 30% en el caso de las mejores astillas de clase 1.
- Presentan un contenido en cenizas inferior al 1% (clase 1) o al 5% (clase 2).



Ilustración 5 Astillas de madera.

#### 4.6.1.3 Residuos agroindustriales.

- Ventajas:
  - Disponibilidad y tipos (abundancia de productos y cantidades).
  - Grandes producciones en España.
  - Su coste de producción es inferior debido al ser
  - Normalmente tienen un elevado poder calorífico, pero se debe tener precaución con la calidad de la biomasa que va a adquirirse, evitando biomásas con residuos no deseados.
- Inconvenientes:
  - Su contenido en cenizas, aunque es aceptable, es superior al del pellet, por lo que las labores de mantenimiento tenderán a ser mayores.
- Consideraciones:
  - Pueden ser biomásas estacionales, por lo que su suministro, si es directamente del productor, debe acordarse durante la temporada.
  - Composición variable.



Ilustración 6 Cáscara de almendra y hueso de aceituna.

#### 4.6.1.4 Residuos agroindustriales.

Su uso es poco frecuente y prácticamente exclusivo para calderas pequeñas y de un grado de automatización medio, ya que hay que introducir leña o briquetas varias veces al día (los días de mayor consumo). El coste de producción de las briquetas es muy superior al de la leña, aunque el poder calorífico de la primera está claramente por encima. Además las briquetas producen menos cenizas, facilitando la limpieza y mantenimiento de la caldera



Ilustración 7 Leña y briquetas.

#### 4.7 Instalaciones de biomasa.

En general, una planta de combustión de biomasa consta de los siguientes sistemas:

- Almacenamiento de combustible.
- Transporte del combustible al equipo de combustión.
- Equipos y cámara de combustión.
- Caldera (vapor, agua caliente, aceite térmico).
- Recuperadores auxiliares de calor.
- Depuración de gases.
- Extracción de cenizas.

Cada una de las partes anteriormente citadas está descrita en detalle en el anejo VI (pág. 48)

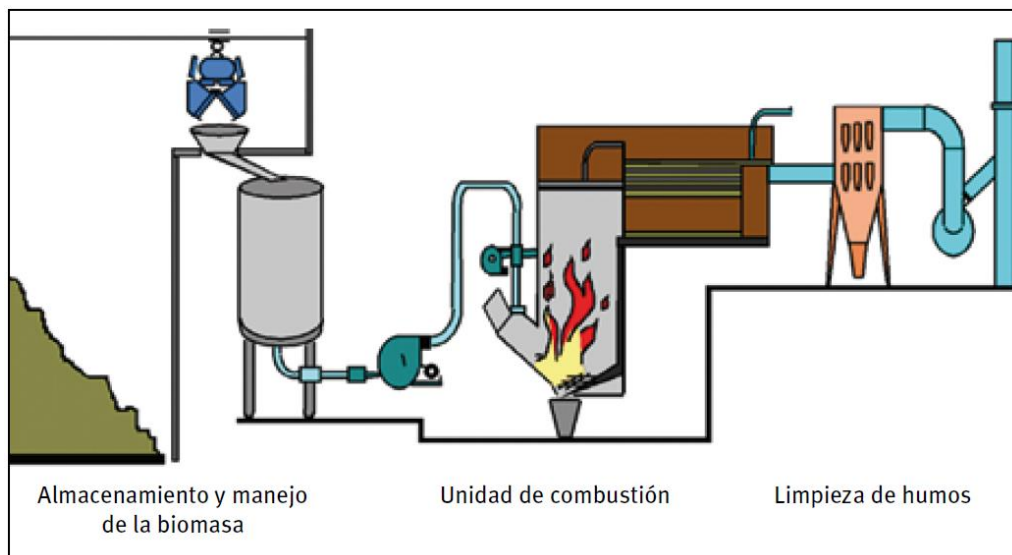


Ilustración 8 Esquema de una instalación de biomasa.

#### **4.7.1 Almacenamiento de combustible.**

El sistema de almacenamiento deberá diseñarse en función del modo de distribución suministro, espacio disponible, necesidad anual, disposición de la sala de calderas, etc. Éste puede ser de tipo prefabricado o de obra

El sistema de almacenamiento tiene una influencia directa sobre el tipo de transporte y los sistemas de suministro.

Algunos tipos son:

- Tolva integrada.
- Tolva exterior.
- Silo flexible.
- Depósito subterráneo.
- Salas de biomasa.

#### **4.7.2 Transporte de la biomasa al equipo de combustión.**

El combustible puede ser transportado desde el lugar de su almacenaje hasta la caldera mediante uno de los sistemas descritos a continuación.

- Sistema manual.
- Tornillo sinfín.
- Sistema neumático

#### **4.7.3 Equipos y cámaras de combustión.**

Existen actualmente diversas técnicas para la combustión de la biomasa. Los parámetros fundamentales que condicionan la elección de una u otra son la humedad y la granulometría del residuo. De acuerdo con lo expuesto anteriormente, las soluciones técnicas para la combustión de la biomasa se pueden agrupar en tres tipos:

- Combustión en masa.
- Combustión en suspensión.
- Combustión en semi-suspensión.

Existe una amplia variedad de sistemas para la combustión de biomasa en calderas que pueden suministrar el calor requerido en las industrias. Se pueden mencionar entre otros los siguientes:

- Sistemas de parrilla.
  - Hogares de parrilla fija.

- Hogares de parrilla inclinada.
- Hogares de parrilla móvil.
- Hogares de parrilla vibratoria.
- Hogares rotativos.
- Quemadores de tornillo.
- Cámaras torsionales.
- Combustión en lecho fluidizado.
  - Lechos fluidos atmosféricos (CLFA).
  - Lechos fluidos a presión (CLFP).

#### **4.7.4 Calderas.**

Las calderas de biomasa pueden clasificarse atendiendo al tipo de combustible que admiten, a la clase de tecnología que utilizan y en función de la eficiencia.

Según tipos de combustible, existen tres tipos:

- Calderas específicas de pellets.
- Caldera de biomasa.
- Calderas mixtas o multicomcombustibles.

De acuerdo a su tecnología, las calderas se dividen en 4 grupos:

- Calderas convencionales adaptadas para biomasa..
- Caldera estándar de biomasa.
- Calderas mixtas.

En función de la eficiencia, las calderas se clasifican en tres clases:

- Clase 1: 53-62% eficiencia.
- Clase 2: 63-72% eficiencia.
- Clase 3: 73-82% eficiencia.

#### **4.7.5 Recuperadores auxiliares de calor.**

Las instalaciones de biomasa tienen mayor inercia que las de gas o gasóleo a seguir generando calor cuando tenga lugar un corte eléctrico. Esto se debe a que la biomasa introducida en la caldera continuará quemándose y por lo tanto, se sigue produciendo calor con una inercia considerable, difícilmente controlable a corto plazo.

#### **4.7.6 Extracción de ceniza**

Las calderas de biomasa poseen diferentes sistemas de evacuación de cenizas en función del diseño de la caldera. El mecanismo más común para la retirada de cenizas consiste en dos tornillos sinfín que transportan la ceniza de manera automática de la cámara de combustión al contenedor de cenizas. Allí se comprimen y hace que el manejo sea aún más confortable. En las calderas más modernas existe un control electrónico del llenado del cajón de cenizas, que puede llegar a desactivar la caldera en el caso de que no se produzca la retirada de las cenizas.

#### **4.7.7 Chimenea y depuración de gases.**

Las emisiones a la atmósfera de los sistemas de climatización con biomasa no varían mucho respecto a las de otros combustibles, y son mucho menores que las de carbón.

El sistema de evacuación de humos consiste en una chimenea. La única diferencia con una chimenea de un sistema de combustible líquido o gaseoso es el diámetro necesario. En el caso de biomasa hay que prever un volumen de gases ligeramente superior, debido a que la humedad que contiene la biomasa se evapora en la caldera y da lugar a vapor de agua que sale mezclado con los productos de la combustión, aumentando así el volumen de los gases

Los productos de la combustión deberán cumplir con los requerimientos medioambientales de las autoridades nacionales, regionales o locales, que limitan los valores máximos de las emisiones de contaminantes (*Tabla 28, Anjeo VI, pág 63*).





Escuela Politécnica  
Superior - Huesca  
Universidad Zaragoza

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y DE BIOMASA EN UNA  
EXPLOTACIÓN DE CERDAS REPRODUCTORAS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE TORRES DE  
ALCANDRE (HUESCA)

---

## 5. Dimensionado de la biomasa

## 5.1 Necesidades previas.

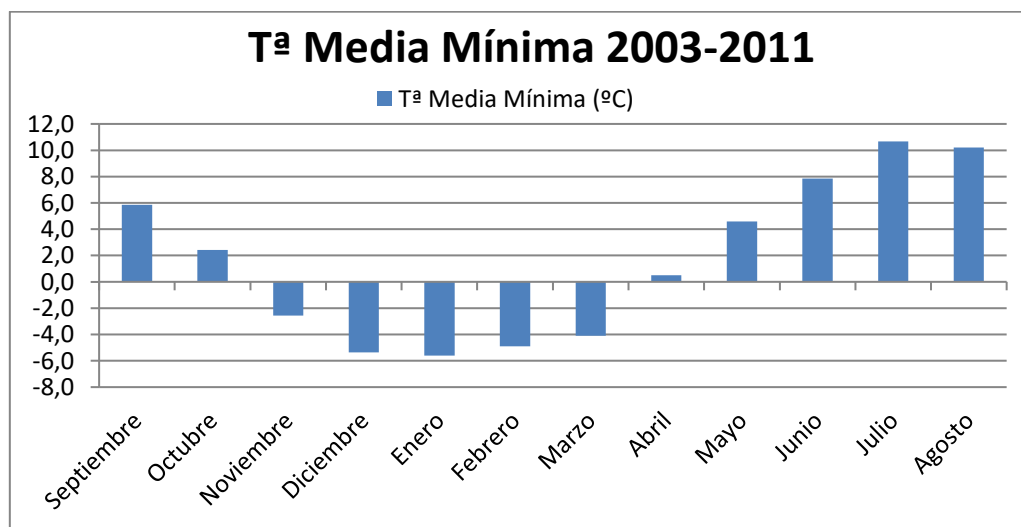
Antes de llevar a cabo el dimensionado de los elementos de la instalación es necesario conocer tanto el consumo de combustible, en nuestro caso Gas Licuado del Petróleo (GLP), como el tipo de caldera utilizada previamente

### 5.1.1 Necesidades térmicas de la explotación.

La explotación reproductiva requiere un control preciso de la temperatura en las zonas de parto y destete puesto que es en estos periodos cuando tanto las cerdas madre como los lechones son más débiles, y, por tanto, están más expuestos a padecer alguna enfermedad.

La explotación reproductiva porcina tiene unos altos requerimientos térmicos que suponen un elevado gasto en combustible, en particular Gas Licuado del Petróleo (GLP). Estos consumos ascienden a 45000 litros de GLP al año, cuyo precio actual (01/10/14) es de 0,77 € por litro.

A partir de estos datos anuales, y comprobando la evolución mensual de las temperaturas a lo largo del año en el municipio donde está situada la explotación obtendremos los consumos y requerimientos térmicos mensuales.



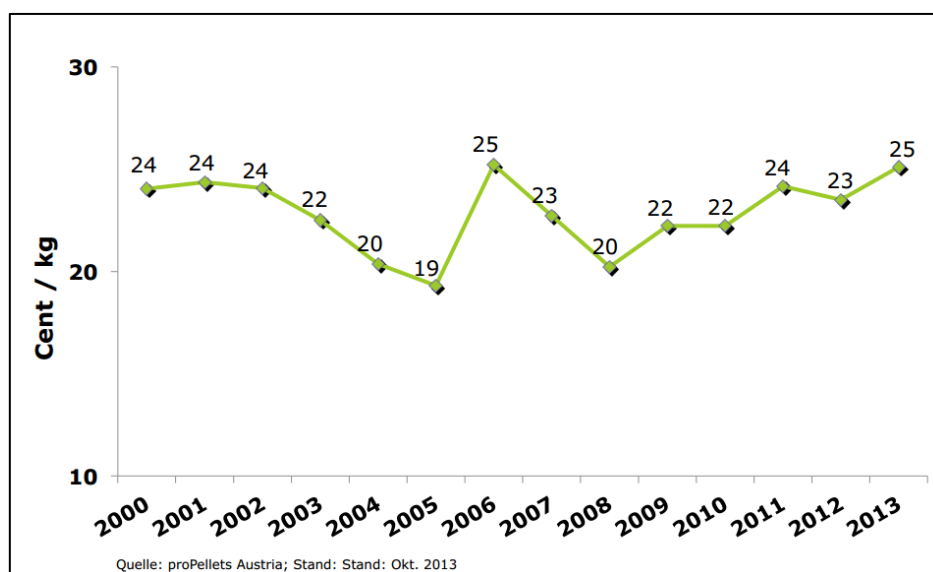
Gráfica 3 Media mínima en el periodo 2003-2011 en Torres de Alcanadre (Huesca). Fuente: Oficina del regante de Aragón.

Por consiguiente, los requerimientos térmicos se centrarán principalmente en el periodo comprendido entre Septiembre y Mayo, donde las temperaturas medias son inferiores a 20 °C. Con un claro punto crítico en los meses invernales de Diciembre, Enero y Febrero.

## 5.2 Elección del biocombustible.

Una de las consideraciones más importantes para decidirse por la instalación de los sistemas de calefacción con biomasa de un tipo u otro es el aseguramiento del suministro de combustible. Debe asegurarse el suministro a medio-largo plazo con una calidad de la biomasa alta y constante, antes de su establecimiento

Dada la situación de la explotación en una zona sin un biocombustible de referencia y tras el estudio de las diferentes posibilidades existentes en el mercado actual, se elegirá los pellets de madera como materia prima debido principalmente a su alto poder calorífico (4300 Kcal/kg), a su alta densidad aparente (650 kg/m<sup>3</sup>), que permite una reducción de la zona de almacenamiento, a su estabilidad económica, ya que no depende del precio de otros combustibles y a su estabilidad física, ya que no es volátil, no tiene olores ni presenta riesgo de explosión y puede ser almacenado durante largos periodos sin mermas en su calidad.



Gráfica 4 Evolución del precio del pellet de madera 2000-2013. Fuente: Propellets Austria

Aunque la astilla sea más barata, los volúmenes necesarios son mayores y aunque la cascara de almendra tenga un menor precio, éste es menos estable que en el caso del pellet y el contenido en cenizas es mayor por lo que tendrá un mayor coste de mantenimiento.

### 5.2.1 Necesidades de biocombustible.

El pellet de madera deberá ser almacenado herméticamente evitando el contacto con agua, lo que podría provocar una reducción de su calidad y problemas de bloqueos dentro de la tolva o silo de almacenamiento.

El volumen anual de pellets de madera requerido por la explotación vendrá determinado por sus requerimientos térmicos, los cuales se obtendrán a partir del consumo de combustible (GLP) lo largo de un año.

Los datos físicos del GLP:

- Densidad: 0,535 g/cm<sup>3</sup>
- Poder calorífico: 10830 Kcal/Kg

Por tanto, las necesidades energéticas totales de la explotación serán de:

$$45000 \text{ L GLP} \frac{1 \text{ dm}^3}{1 \text{ L}} \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ dm}^3} \frac{0,535 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} = 24075 \text{ Kg GLP al año}$$

$$24075 \text{ kg GLP} \frac{10830 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg GLP}} \frac{4,18 \text{ KJ}}{1 \text{ Kcal}} = 1 \text{ 089 860 805 KJ al año}$$

Esto supondrá una cantidad anual de pellets de madera de:

$$1 \text{ 089 860 805 KJ} \frac{1 \text{ Kg pellets de madera}}{18000 \text{ KJ}} = 60547 \text{ Kg pellets de madera al año}$$

$$60547 \text{ kg pellet de madera} / 0,93 (\eta \text{ de la caldera}) = 65104 \text{ Kg pellets madera año}$$

$$65104 \text{ kg pellet de madera} \frac{1 \text{ m}^3}{650 \text{ Kg pellet de madera}} = 100 \text{ m}^3 \text{ de pellet al año}$$

### 5.2.2 Dimensionado del almacenamiento.

El transporte del pellet se lleva a cabo a granel mediante el uso de camiones cisterna, ya que su transporte y manejo es más sencillo que en el caso de sacos o *big-bags*. El almacenamiento de los pellets al tratarse de grandes volúmenes tendrá lugar en silos y su carga se llevará a cabo de forma neumática.

Para silos de almacenamientos nuevos se recomienda al menos un volumen equivalente a una de las siguientes condiciones, según el caso de aplicación más razonable de acuerdo con la situación específica de la instalación:

- 1 temporada de funcionamiento de la instalación: así sólo es necesario recargar el silo una vez al año.
- 1,5 veces el volumen del camión de suministro: de esta manera es posible recargar el silo con un camión completo antes de que se acabe el combustible.

Se necesitará un silo con capacidad para 93 m<sup>3</sup> si solo se quisiera hacer un pedido al año, al ser requerido un silo de tan elevadas dimensiones, lo más razonable es la instalación de uno de menor tamaño y realizar varios pedidos a lo largo del año.

El volumen de transporte de estos camiones cisterna se sitúa entre los 20-25 m<sup>3</sup> y cuyo peso suele superar las 16 toneladas.

Por ello se elegirá un silo de al menos **30 m<sup>3</sup>** para poder realizar pedidos de camiones cisternas completos cuando el silo se encuentre al 20 % de su capacidad.

### 5.3 Elección de caldera

A las calderas de biomasa utilizadas para la producción de calor se les exige un rendimiento mínimo instantáneo del 75%, aunque cualquiera de las calderas de biomasa disponibles en el mercado supera holgadamente el 75% de rendimiento de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes.

Los factores determinantes para la elección de una caldera:

- Tipo y calidad de combustible.
- Elección de sistemas de alto rendimiento (> 90%) y bajas emisiones.
- Elevado nivel de automatización
- Son recomendables los sistemas modulantes.
- La disponibilidad de un distribuidor y de una empresa instaladora autorizada.
- El coste del sistema y las ayudas públicas existentes.

Siguiendo estas consideraciones elegiremos una **caldera automática de pellets de madera de alto rendimiento (93%)**.

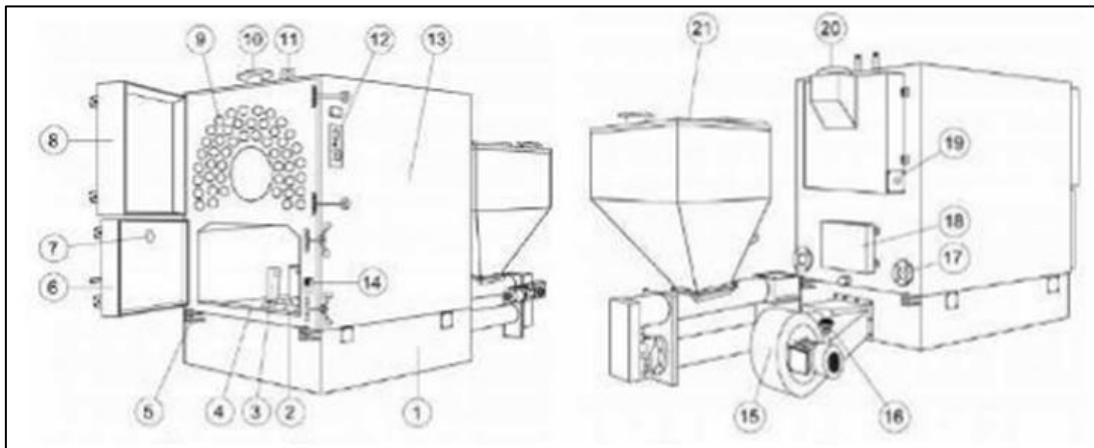


Ilustración 9 Caldera de bioamasa automática de alto rendimiento.

### 5.3.1 Potencia de la caldera.

Determinar la potencia de la caldera de biomasa adecuada a instalar es una decisión fundamental para el correcto funcionamiento de la explotación y vital para la óptima amortización de la maquinaria.

Por ello, se debe puede dimensionar la caldera teniendo en cuenta la temperatura máxima necesaria de la sala a calefactar y la temperatura del día más frío del año, o bien, calcular a partir de las necesidades térmicas obtenidas en el punto 1.3, la potencia requerida para cubrir estas exigencias de temperatura a lo largo del año.

Según estos cálculos, la potencia de la caldera tendrá que ser capaz de generar al menos la siguiente cantidad de KJ:

$$1\,089\,860\,805\text{ KJ/año} \frac{1\text{ año}}{365\text{ días}} \frac{1\text{ día}}{24\text{ horas}} \frac{1\text{ hora}}{3600\text{ s}} = 34,55\text{ KJ/s}$$

Esto equivale a 34,55 KW, por tanto, la potencia que tendría que tener la caldera en caso de que los requerimientos térmicos fueran homogéneos durante todo el año sería superior a 34,55 KW.

Como está situación no se corresponde con la realidad, sino que existen unos meses en los que las temperaturas son inferiores mientras en otros son superiores a las condiciones óptimas de desarrollo de lechones y madres, se deberá escoger una caldera con una potencia capaz de, durante que los meses en los que las exigencias térmicas son mayores, satisfacer estas necesidades.

Por ello se elegirá una caldera de biomasa de pellet de madera de **60 KW** de potencia entre el amplio abanico de posibilidades de potencias existentes, ya que en los meses de invierno deberá ser capaz de satisfacer las necesidades térmicas sin presentar ningún problema de falta de potencia.

### 5.3.2 Extracción de cenizas.

La retirada de las mismas se producirá periódicamente en el momento en el que el cajón de almacenamiento de cenizas esté lleno. Actualmente, las calderas de biomasa generan entre un 2-6 % de cenizas respecto a la biomasa seca utilizada. La producción anual a partir de la combustión del pellet en el caso más desfavorable será de:

$$60547 \text{ Kg pellets } \frac{0,06 \text{ Kg de ceniza}}{1 \text{ Kg de pellet}} = 3633 \text{ Kg de ceniza al año}$$

Este volumen de ceniza será utilizado como fertilizante natural por su alto contenido en minerales útiles para el desarrollo de cualquier cultivo. Se evitará la acumulación de las cenizas dentro de la explotación para reducir el riesgo de producción de polvo, nocivo para la respiración animal de cerdas madres y sobre todo lechones.





ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y DE BIOMASA EN UNA  
EXPLOTACIÓN DE CERDAS REPRODUCTORAS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE TORRES DE  
ALCANDRE (HUESCA)

---

## **6. Viabilidad económica de la biomasa**

## 6.1 Introducción

Se realiza a continuación el estudio de viabilidad económica de la instalación de una caldera de biomasa dentro de la explotación porcina de reproducción. El periodo de estudio serán 10 años.

Se tiene en cuenta la posibilidad de obtención de subvenciones por la aplicación de energías renovables. Las estimaciones de dichas subvenciones se basan en las órdenes emitidas por el BOA (Boletín Oficial de Aragón)

## 6.2 Estudio económico

Se van a analizar varias alternativas para reducir el gasto generado por los requerimientos térmicos de la explotación; ya sea mediante la sustitución de la caldera de GLP por un nuevo modelo, o mediante la instalación de una caldera de biomasa de alta eficiencia.

### 6.2.1 Precio del GLP

La evolución del precio del GLP como podemos apreciar en la siguiente gráfica ha sufrido un incremento gradual de su precio desde el año 2009 hasta la actualidad. Este supone un incremento medio de alrededor del 7,2% anual.

Por ello, a la hora de realizar el estudio económico tendremos en cuenta esta tasa de crecimiento.



Gráfica 5 Evolución del precio del GLP. Fuente: Comisión Nacional de Energía (CNE)

Por tanto, el gasto anual de GLP en la actualidad se verá incrementado de la siguiente forma:

AÑO	Precio GLP (€/L)
0	0,73
1	0,78
2	0,84
3	0,90
4	0,96
5	1,03
6	1,11
7	1,19
8	1,27
9	1,36
10	1,46

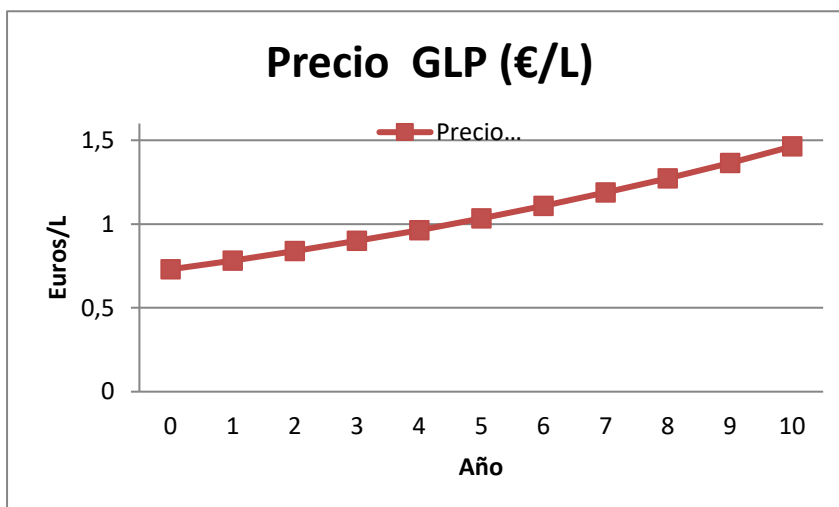


Tabla 4 Evolución del precio del GLP en los próximos 10 años.

### 6.2.2 Precio del pellet

Como ya hemos visto en la gráfica 5, el precio del pellet está sufriendo un estancamiento de su precio en alrededor de los 0,22-0,25 €/Kg desde el año 2000 hasta la actualidad; con algún momento de subidas y bajadas de precio pronunciadas, pero en general de gran estabilidad.

Para el cálculo de la evolución del precio de pellet tomaremos una tasa de crecimiento del 2 % anual y partiremos del precio actual de 0,254 €/Kg.

AÑO	Precio Pellet (€/Kg)
0	0,25
1	0,26
2	0,26
3	0,27
4	0,27
5	0,28
6	0,29
7	0,29
8	0,30
9	0,30
10	0,31

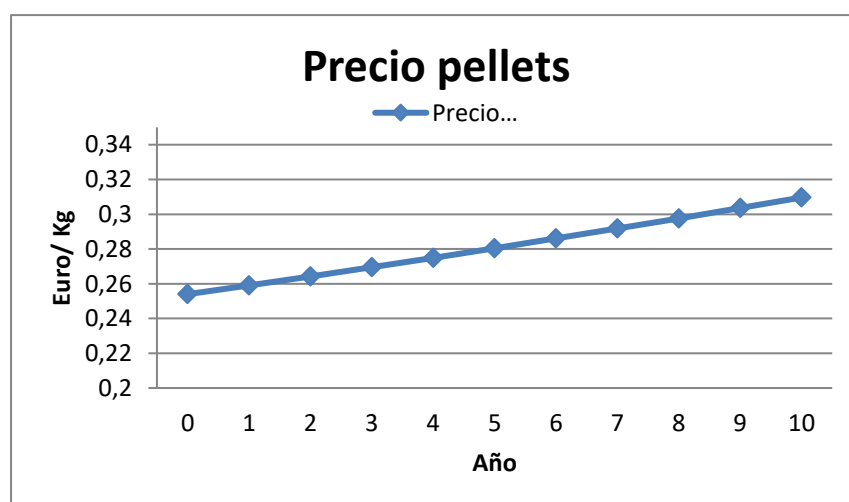


Tabla 5 Evolución del precio del pellet en los próximos diez años.

### 6.2.3 Préstamos financieros.

Para llevar a cabo el análisis económico estudiaremos diferentes alternativas. En particular veremos 3 posibilidades; con un préstamo del 100, 50 y del 0 % sobre el presupuesto total de inversión.

Este préstamo se solicitaría al Instituto de Crédito Oficial (ICO), banco público con forma jurídica de entidad pública empresarial, adscrita al Ministerio de Economía y Competitividad a través de la Secretaría de Estado de Economía y Apoyo a la Empresa.

El ICO tiene una línea llamada Línea ICO Empresas y Emprendedores 2014, destinada a la financiación orientada a autónomos y empresas que realicen inversiones productivas en el territorio nacional y/o necesiten cubrir sus necesidades de liquidez.

Se solicitará un préstamo de los presupuestos citados previamente, a un plazo de 10 años a interés fijo. Este interés es del 7.047 % anual.

Plazos	Carencia	Nominal	TAE
1 año	Sin carencia	3.295	3.322
1 año	1 año de carencia	3.31	3.337
2 años	Sin carencia	5.19	5.257
2 años	1 año de carencia	5.208	5.276
3 años	Sin carencia	5.241	5.31
3 años	1 año de carencia	5.258	5.327
5 años	Sin carencia	5.955	6.044
5 años	1 año de carencia	5.97	6.059
7 años	Sin carencia	6.161	6.256
7 años	1 año de carencia	6.175	6.27
10 años	Sin carencia	6.927	7.047
10 años	1 año de carencia	6.937	7.057
12 años	Sin carencia	7.113	7.239
12 años	2 años de carencia	7.144	7.272
15 años	Sin carencia	7.345	7.48
15 años	2 años de carencia	7.368	7.504
20 años	Sin carencia	7.602	7.746
20 años	2 años de carencia	7.618	7.763

Tabla 6 Tipo de interés fijo máximo del crédito ICO según número de plazos. Fuente: ICO

#### 6.2.4 Índices de rentabilidad

Para llevar a cabo el estudio económico se van a tener en cuenta los siguientes índices de rentabilidad

**V.A.N.:** Es el Valor Actual Neto o valor capital, indicador de la rentabilidad absoluta, y se define como el sumatorio de todos los flujos de caja ordinarios, actualizados, esperados. Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. Se considera una inversión viable si el V.A.N. obtenido es superior a cero.

Para calcularlo, es necesario prefijar la vida útil del proyecto (n), así como estimar la tasa de actualización (r) y considerar que el mercado de capitales es perfecto.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2014	0,2	0,0	-0,1	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	2,7	2,8	2,4	1,4	1,7	2,1	1,8	1,5	0,3	-0,1	0,2	0,3
2012	2,0	2,0	1,9	2,1	1,9	1,9	2,2	2,7	3,4	3,5	2,9	2,9
2011	3,3	3,6	3,6	3,8	3,5	3,2	3,1	3,0	3,1	3,0	2,9	2,4
2010	1,0	0,8	1,4	1,5	1,8	1,5	1,9	1,8	2,1	2,3	2,3	3,0
2009	0,8	0,7	-0,1	-0,2	-0,9	-1,0	-1,4	-0,8	-1,0	-0,7	0,3	0,8
2008	4,3	4,4	4,5	4,2	4,6	5,0	5,3	4,9	4,5	3,6	2,4	1,4
2007	2,4	2,4	2,5	2,4	2,3	2,4	2,2	2,2	2,7	3,6	4,1	4,2
2006	4,2	4,0	3,9	3,9	4,0	3,9	4,0	3,7	2,9	2,5	2,6	2,7
2005	3,1	3,3	3,4	3,5	3,1	3,1	3,3	3,3	3,7	3,5	3,4	3,7
2004	2,3	2,1	2,1	2,7	3,4	3,5	3,4	3,3	3,2	3,6	3,5	3,2
2003	3,7	3,8	3,7	3,1	2,7	2,7	2,8	3,0	2,9	2,6	2,8	2,6
2002	3,1	3,1	3,1	3,6	3,6	3,4	3,4	3,6	3,5	4,0	3,9	4,0
2001	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,2	3,9	3,7	3,4	3,0	2,7	2,7
2000	2,9	3,0	2,9	3,0	3,1	3,4	3,6	3,6	3,7	4,0	4,1	4,0
1999	1,5	1,8	2,2	2,4	2,2	2,2	2,2	2,4	2,5	2,5	2,7	2,9
1998	2,0	1,8	1,8	2,0	2,0	2,1	2,2	2,1	1,6	1,7	1,4	1,4
1997	2,9	2,5	2,2	1,7	1,5	1,6	1,6	1,8	2,0	1,9	2,0	2,0
1996	3,9	3,7	3,4	3,5	3,8	3,6	3,7	3,7	3,6	3,5	3,2	3,2
1995	4,4	4,8	5,1	5,2	5,1	5,1	4,7	4,3	4,4	4,3	4,4	4,3
1994	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	4,7	4,8	4,8	4,5	4,4	4,4	4,3
M.MENS	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9
M.ANUAL	3,01											

Tabla 7 Tasa de actualización

Por tanto, voy a considerar la tasa de actualización como el sumatorio de la tasa de variación anual del IPC, unidad de medida de la inflación, y del interés que el banco ofrece por depósitos o captaciones. Este interés es del 3%. El valor medio de la tasa de variación del IPC a lo largo de los últimos 20 años es del 3,0%. Por tanto, considero una tasa de actualización del **6%**.

**T.I.R.:** Es la Tasa Interna de Rentabilidad o tasa de rendimiento interno, indicador de la rentabilidad relativa. Determina cual es la rentabilidad por euro invertido.

**PayBack:** Es el número de años necesarios para recuperar el esfuerzo inversor.

## 6.2.5 Presupuesto.

### 6.2.5.1 Instalación caldera alta eficiencia GLP

La explotación porcina presenta en la actualidad una instalación térmica basada en una caldera antigua que utiliza GLP como combustible y que presenta una eficiencia de alrededor del 63%.

La sustitución de esta caldera por una nueva con mayor eficiencia (90,9%) puede ser una alternativa rentable para reducir los consumos de GLP de la explotación. Por tanto, elegiremos un nuevo modelo de caldera de gas, *Ferrolí PEGASUS 56 LN*, con la misma potencia que la antigua caldera (56 KW).

El presupuesto general para la instalación de la caldera de GLP de alta eficiencia asciende a **3038,19 Euros**.

RESUMEN DE PRESUPUESTO			
CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
C01	CALDERA DE GAS FERROLI.....	2.110,00	100,00
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>2.110,00</b>	
	13,00% Gastos generales.....	274,30	
	6,00% Beneficio industrial.....	126,60	
	<b>SUMA DE G.G. y B.I.</b>	<b>400,90</b>	
	21,00% I.V.A.....	527,29	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>3.038,19</b>	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>3.038,19</b>	
Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de TRES MIL TREINTA Y OCHO EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS			

Ilustración 10 Resumen del presupuesto de la instalación de la nueva caldera de GLP.

### 6.2.5.2 Instalación caldera alta eficiencia de biomasa.

La caldera de biomasa que encaja mejor con los requerimientos térmicos de la explotación es

la D`ALESSANDRO CS-60, con una potencia nominal de 60 KW (superior a 56 KW) y con una alta eficiencia del 92,60 %.

El presupuesto general para la instalación de la caldera de biomasa y del silo de almacenaje del pellet asciende a **11312,53 Euros**.

RESUMEN DE PRESUPUESTO			
CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
C01	CALDERA DE BIOMASA D'ALESSANDRO .....	5.294,50	67,39
C02	SILO ALMACENAJE PELLET .....	2.561,97	32,61
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>7.856,47</b>	
	13,00% Gastos generales.....	1.021,34	
	6,00% Beneficio industrial.....	471,39	
	<b>SUMA DE G.G. y B.I.</b>	<b>1.492,73</b>	
	21,00% I.V.A .....	1.963,33	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>11.312,53</b>	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>11.312,53</b>	
Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de ONCE MIL TRESCIENTOS DOCE EUROS con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS			

Ilustración 11 Resumen del presupuesto de la instalación de la nueva caldera de biomasa.

#### 6.2.6 Cálculo de costes de inversión.

La explotación porcina presenta en la actualidad una instalación térmica basada en una caldera antigua que utiliza GLP como combustible y que presenta una eficiencia de alrededor del 63%, mientras que la caldera de biomasa de pellets tiene una eficiencia del 93%. Podría existir la posibilidad de instalar una nueva caldera de GLP cuya eficiencia energética sería de alrededor del 90%.

Comparando las diferentes posibilidades citadas recientemente obtenemos la siguiente tabla:

Demanda Gestión-Transición 1 089 860 MJ	$\eta$ rendimiento	PCI (MJ/l o Kg)	Consumo combustible (Kg)	Coste unitario combustible (€/un)	Coste anual combustible (€/año)	Ahorro anual (€/año)
Caldera GLP actual	0,65	45,27	24075	0,73	17574,75	0
Caldera GLP nueva	0,90	45,27	17215	0,73	12566,65	5008,1
Caldera biomasa Pellets	0,92	18	65104	0,25	16276	1298,75

Tabla 8 Coste anual del combustible según tipo de caldera.

Elaboraremos ahora una tabla sobre la evolución del coste anual de combustible según el incremento anual del precio del GLP (7,2 %) y pellets (2 %) durante los próximos 10 años.

Año	Precio GLP (€/L)	Precio Pellet (€/Kg)	Coste anual caldera GLP (€/año)	Coste anual caldera Biomasa (€/año)	Ahorro combustible GLP (€/año)	Ahorro combustible Biomasa (€/año)	Σ Ahorro GLP (€)	Σ Ahorro Biomasa (€)
2014	0,73	0,25	12566,65	16276,00	5008,1	1298,75	5008,10	1298,75
2015	0,78	0,26	13471,45	16601,52	5368,68	2238,61	10376,78	3537,36
2016	0,84	0,26	14441,39	16933,55	5755,23	3263,07	16132,01	6800,43
2017	0,90	0,27	15481,17	17272,22	6169,60	4378,56	22301,62	11178,99
2018	0,96	0,27	16595,82	17617,67	6613,82	5591,97	28915,43	16770,96
2019	1,03	0,28	17790,72	17970,02	7090,01	6910,71	36005,44	23681,67
2020	1,11	0,28	19071,65	18329,42	7600,49	8342,72	43605,94	32024,39
2021	1,19	0,29	20444,81	18696,01	8147,73	9896,53	51753,66	41920,91
2022	1,27	0,29	21916,83	19069,93	8734,36	11581,27	60488,03	53502,18
2023	1,36	0,30	23494,85	19451,33	9363,24	13406,76	69851,27	66908,94
2024	1,46	0,30	25186,47	19840,35	10037,39	15383,51	79888,66	82292,45
Ahorro total (€)							79888,66	82292,45

Tabla 9 Evolución del ahorro de combustible durante un periodo de 10 años.

El periodo de amortización por tanto será el que se muestra a continuación.

Tipos de caldera	Ahorro combustible (€)	Inversión Inicial Obra (€)	Pay Back (años)	Subvención (40% inversión)	Pay back (c/subv).años)
Caldera GLP nueva	79888,66	3038,19	0,60	-	0,60
Caldera biomasa Pellets	82292,45	11312,53	4	3142,58	3,68

Tabla 10 Comparativa de los periodos de amortización según el tipo de caldera a instalar



### 6.3 Análisis de la inversión.

#### 6.3.1 Caldera de GLP nueva de alta eficiencia.

Una vez conocido el ahorro anual obtenido a lo largo de la vida útil de la instalación, estimada en 10 años, y sabiendo que la ejecución del proyecto requiere de una inversión de 3038,19 €, teniendo en cuenta el beneficio industrial y los gastos generales, y considerando el I.V.A, se pueden determinar los flujos de caja y a partir de ellos obtener los índices de rentabilidad.

Debemos considerar también que el proyecto puede necesitar de financiación, por ello vamos a estudiar diferentes niveles de financiación (100 – 50 – 0 %). Estos préstamos serán solicitados a una entidad financiera a un interés fijo (6,937 %) y en un plazo de amortización de 10 años.

##### 6.3.1.1 Financiación del 100%.

Los flujos de caja ordinarios generados por el conjunto de cobros y pagos correspondientes a los 10 años de vida útil aparecen detallados anualmente en el anejo VII (pág. 83)

Los resultados obtenidos en el análisis de la inversión de nuestro proyecto son los siguientes:

	2 años	5 años	10 años
V.A.N.	6.356,17€	47.890,75 €	192.467,46 €

Tabla 11 V.A.N. de la inversión con el 100% de financiación.

Con estos resultados se puede concluir que la inversión del proyecto es viable, puesto que el V.A.N. es positivo. Esto demuestra que renovar la instalación de la caldera de GLP por una nueva caldera con mayor eficiencia y con una financiación del 100 %, es rentable.

##### 6.3.1.2 Financiación del 50%.

Los flujos de caja ordinarios generados por el conjunto de cobros y pagos correspondientes a los 10 años de vida útil aparecen detallados anualmente en el anejo VII (pág. 84)

Los resultados obtenidos en el análisis de la inversión de nuestro proyecto son los siguientes:

	2 años	5 años	10 años
V.A.N.	6.653,81€	49.864,01 €	198.472 €

Tabla 12 V.A.N. de la inversión con el 50% de financiación.

Con estos resultados se puede concluir que la inversión del proyecto es viable, puesto que el V.A.N. es positivo. Esto demuestra que renovar la instalación de la caldera de GLP por una nueva caldera con mayor eficiencia y con una financiación del 50 %, es rentable.

#### 6.3.1.3 Sin financiación.

Los flujos de caja ordinarios generados por el conjunto de cobros y pagos correspondientes a los 10 años de vida útil aparecen detallados anualmente en el anejo VII (pág. 85)

Los resultados obtenidos en el análisis de la inversión de nuestro proyecto son los siguientes:

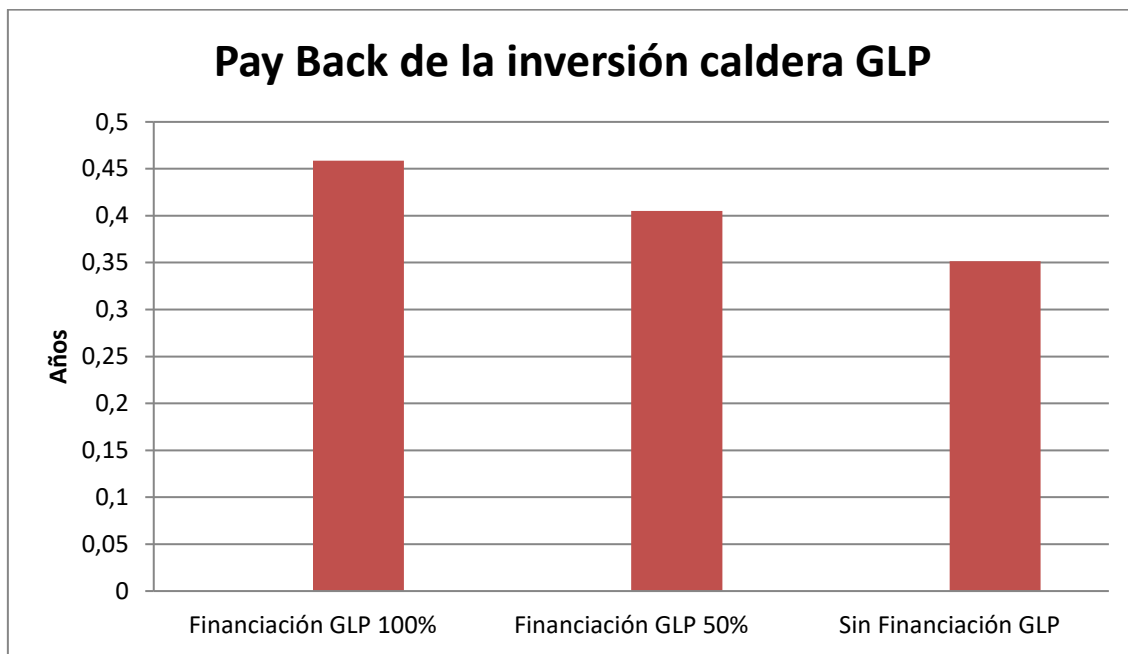
	2 años	5 años	10 años
V.A.N.	6.951,81€	51.837,16 €	204.476,18 €

Tabla 13 V.A.N. de la inversión sin financiación.

Con estos resultados se puede concluir que la inversión del proyecto es viable, puesto que el V.A.N. es positivo. Esto demuestra que renovar la instalación de la caldera de GLP por una nueva caldera con mayor eficiencia y con una financiación del 50 %, es rentable.

#### 6.3.1.4 Payback.

En cuanto al tiempo de amortización o "Pay back" de la inversión, los resultados que obtenemos son los siguientes:



Gráfica 6 9 Pay Back de la inversión de la caldera de GLP.

### 6.3.2 Caldera de biomasa de alta eficiencia.

Una vez conocido el ahorro anual obtenido a lo largo de la vida útil de la instalación, estimada en 10 años, y sabiendo que la ejecución del proyecto requiere de una inversión de 11312,53 €, teniendo en cuenta el beneficio industrial y los gastos generales, y considerando el I.V.A, se pueden determinar los flujos de caja y a partir de ellos obtener los índices de rentabilidad.

Se deberá considerar también que el proyecto puede necesitar de financiación, por ello vamos a estudiar diferentes niveles de financiación (100 – 50 – 0 %). Estos préstamos serán solicitados a una entidad financiera a un interés fijo (6,937 %) y en un plazo de amortización de 10 años.

En relación a las subvenciones, según la Orden de 14 de febrero de 2014 del Consejo de Industria e Innovación, por la que se convoca para el año 2014 ayudas en materia de ahorro y diversificación energética, uso racional de la energía, aprovechamiento de los recursos autóctonos y renovables, e infraestructuras energéticas, se obtendrá hasta un máximo del 40 % del coste de la inversión; en nuestro caso eso supondría 3142,58 €.

#### 6.3.2.1 Financiación del 100%.

Los flujos de caja ordinarios generados por el conjunto de cobros y pagos correspondientes a los 10 años de vida útil aparecen detallados anualmente en el anejo VII (pág. 86)

Los resultados obtenidos en el análisis de la inversión de nuestro proyecto son los siguientes:

	2 años	5 años	10 años
V.A.N.	-7882,41€	-34.769,48 €	43.280,69 €

Tabla 14 V.A.N. de la inversión con el 100% de financiación.

Con estos resultados se puede concluir que la inversión del proyecto es viable a largo plazo, pero no a corto plazo (2 y 5 años), puesto que el V.A.N. es negativo para los dos primeros casos y positivo para el último. Esto demuestra que renovar la instalación de la caldera de GLP por una caldera de biomasa de alta eficiencia y con una financiación del 100 %, es rentable en el caso de largo plazo.

### 6.3.2.2 Financiación del 50%.

Los flujos de caja ordinarios generados por el conjunto de cobros y pagos correspondientes a los 10 años de vida útil aparecen detallados anualmente en el anejo VII (pág. 87)

Los resultados obtenidos en el análisis de la inversión de nuestro proyecto son los siguientes:

	2 años	5 años	10 años
V.A.N.	-7081,51€	-29.463,22 €	59.427,35 €

Tabla 15 V.A.N. de la inversión con el 50% de financiación.

Con estos resultados se puede concluir que la inversión del proyecto es viable a largo plazo, pero no a corto plazo (2 y 5 años), puesto que el V.A.N. es negativo para los dos primeros casos y positivo para el último. Esto demuestra que renovar la instalación de la caldera de GLP por una caldera de biomasa de alta eficiencia y con una financiación del 50 %, es rentable en el caso de largo plazo.

### 6.3.2.3 Sin Financiación.

Los flujos de caja ordinarios generados por el conjunto de cobros y pagos correspondientes a los 10 años de vida útil aparecen detallados anualmente en el anejo VII (pág. 88)

Los resultados obtenidos en el análisis de la inversión de nuestro proyecto son los siguientes:

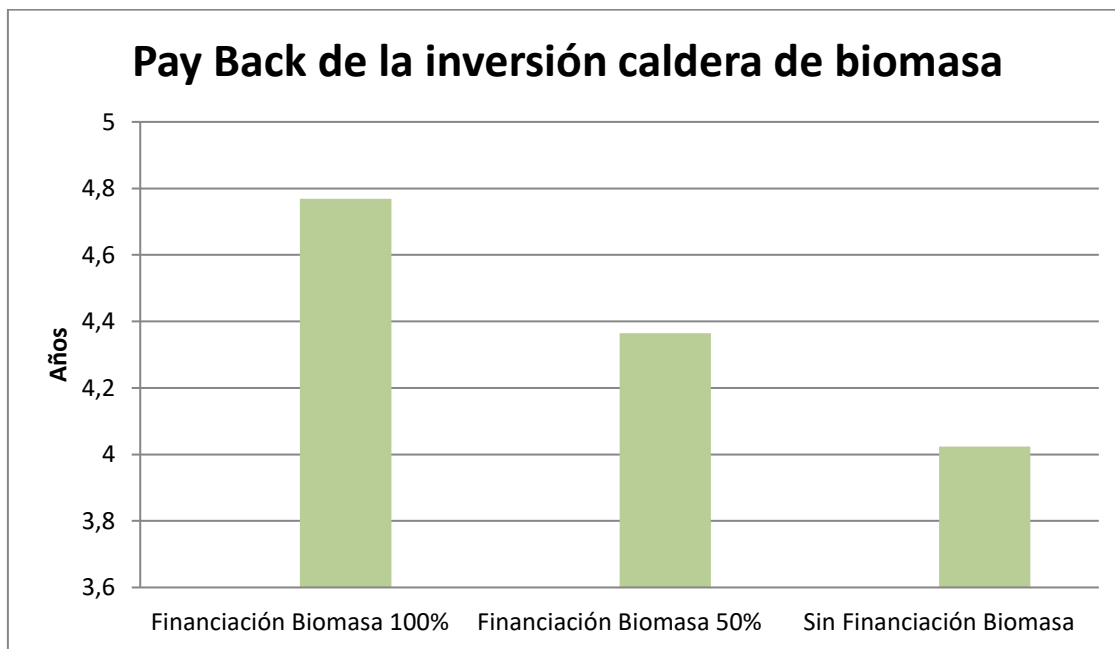
	2 años	5 años	10 años
V.A.N.	-6280,63 €	-24.157,09 €	75.573,64 €

Tabla 16 V.A.N. de la inversión sin financiación.

Con estos resultados se puede concluir que la inversión del proyecto es viable a largo plazo pero no a corto y medio plazo (2 y 5 años), puesto que el V.A.N. es negativo para los dos primeros casos y positivo para el último. Esto demuestra que renovar la instalación de la caldera de GLP por una caldera de biomasa de alta eficiencia y sin financiación, es rentable en el caso de largo plazo.

#### 6.3.2.4 Payback.

En cuanto al tiempo de amortización o "Pay back" de la inversión, los resultados que obtenemos son los siguientes:



Gráfica 7 Pay Back de la inversión de la caldera de biomasa.

En todos los casos el periodo de retorno es menor en la caldera de GLP nueva en relación a la caldera de biomasa de alta eficiencia.



Escuela Politécnica  
Superior - Huesca  
Universidad Zaragoza

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y DE BIOMASA EN UNA  
EXPLOTACIÓN DE CERDAS REPRODUCTORAS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE TORRES DE  
ALCANDRE (HUESCA)

---

## 7. La fotovoltaica

## 7.1 Introducción

La energía solar es en la actualidad uno de los métodos más limpios de producción de energía conocidos. Los paneles solares constituyen uno de los métodos más simples que se pueden usar para convertir la energía del sol en energía eléctrica aprovechable, sin que en esta transformación se produzcan subproductos peligrosos para el medio ambiente. Cada vez es mayor el número de actividades en las que la energía solar resulta aplicable.

## 7.2 La radiación solar

El sol es una poderosa fuente de energía. Esa energía solar que nos llega a la tierra puede ser transformada en energía eléctrica en un proceso denominado efecto fotovoltaico (FV) en células o celdas solares que se montan en paneles, como veremos a continuación.

Según cómo llegue la luz solar a la superficie de la tierra, podemos clasificar la radiación en tres tipos diferentes:

- Directa.
- Dispersa o difusa.
- Albedo.

Para concretar, decir que la radiación total que incide sobre una superficie inclinada corresponde a la suma de las tres componentes de la radiación:

$$I_{\text{Total}} = I_{\text{Directa}} + I_{\text{Difusa}} + I_{\text{Albedo}}$$

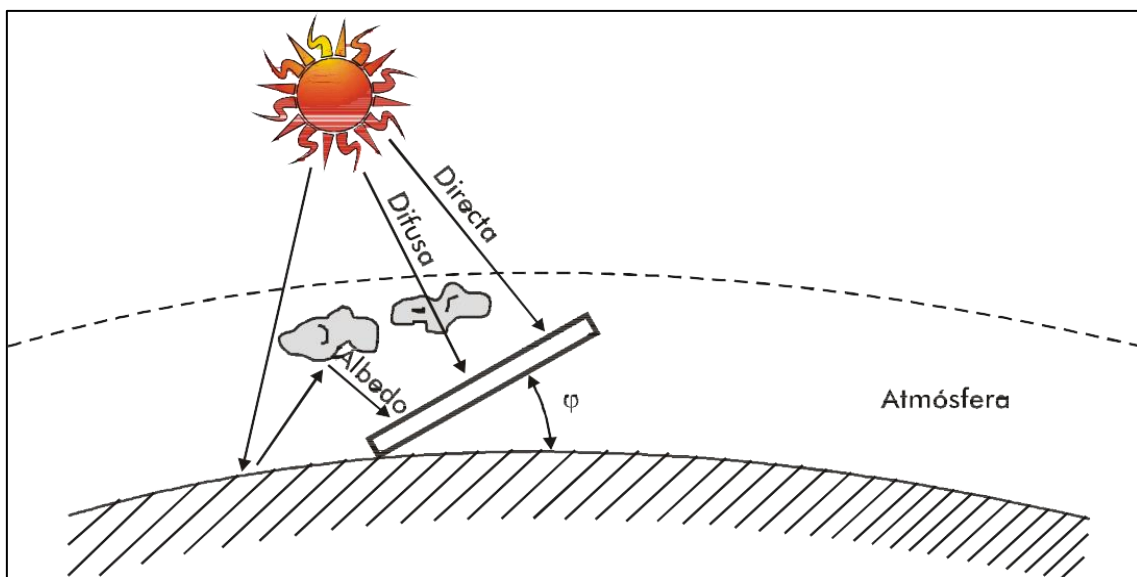


Ilustración 12 Tipos de radiación solar.



### 7.3 Horas pico solar

Es un parámetro fundamental para el dimensionado de los sistemas fotovoltaicos. Corresponde al número de horas en las que cada metro cuadrado de superficie captadora, obtiene de modo constante 1.000 W de energía. Los módulos fotovoltaicos se caracterizan bajo unas condiciones determinadas que son tomadas como referencia y que se denominan Condiciones Estándar de Medida. Éstas son:

- 1 kW/m<sup>2</sup> de radiación solar.
- 25 °C de temperatura de las células fotovoltaicas.
- Incidencia normal.

Si se quiere evaluar la energía que el panel fotovoltaico puede producir diariamente, habría que conocer cuántas horas diarias con una radiación de 1.000 W/m<sup>2</sup> equivalen a la radiación total diaria (la correspondiente a la inclinación del panel fotovoltaico). Este concepto se denomina Horas pico solar.

La máxima potencia generada en estas condiciones por cada módulo fotovoltaico se mide en Wp (vatios pico). A esta potencia se le denomina potencia nominal del módulo.

La energía producida por los sistemas fotovoltaicos es el resultado de multiplicar su potencia nominal por el nº de horas pico, dado que no todas las horas de sol son horas de intensidad considerada como pico (esto es 1.000 W/m<sup>2</sup>). El número de horas pico de un día concreto se obtendrá dividiendo toda la energía producida en ese día entre 1.000 W/m<sup>2</sup>. En España, la media de horas solares pico es de 3 a 6, aunque varía entre el norte y el sur, y de invierno a verano.

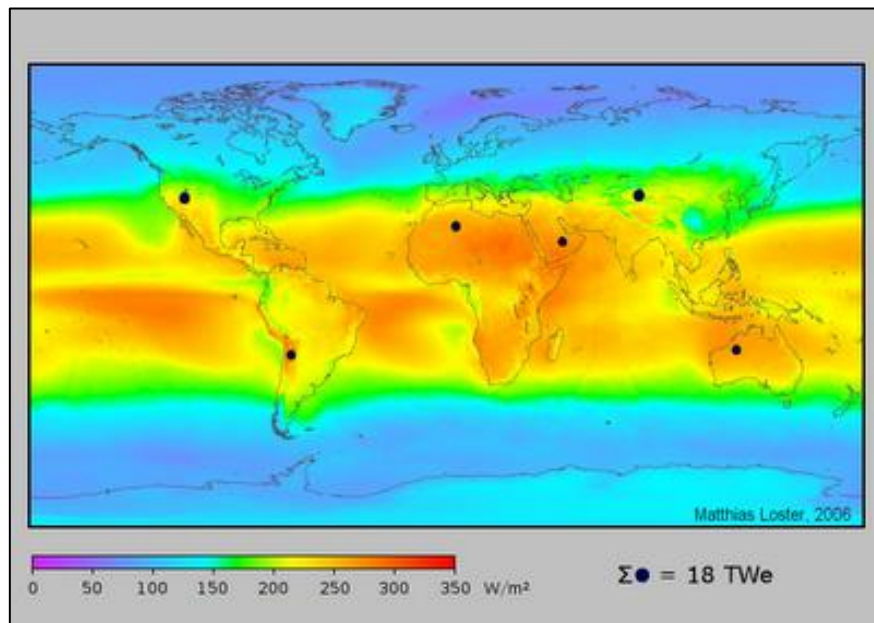


Ilustración 13 Mapa de radiación solar mundial (W/m<sup>2</sup>). Fuente: [http://www.ez2c.de/ml/solar\\_land\\_area/](http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area/).

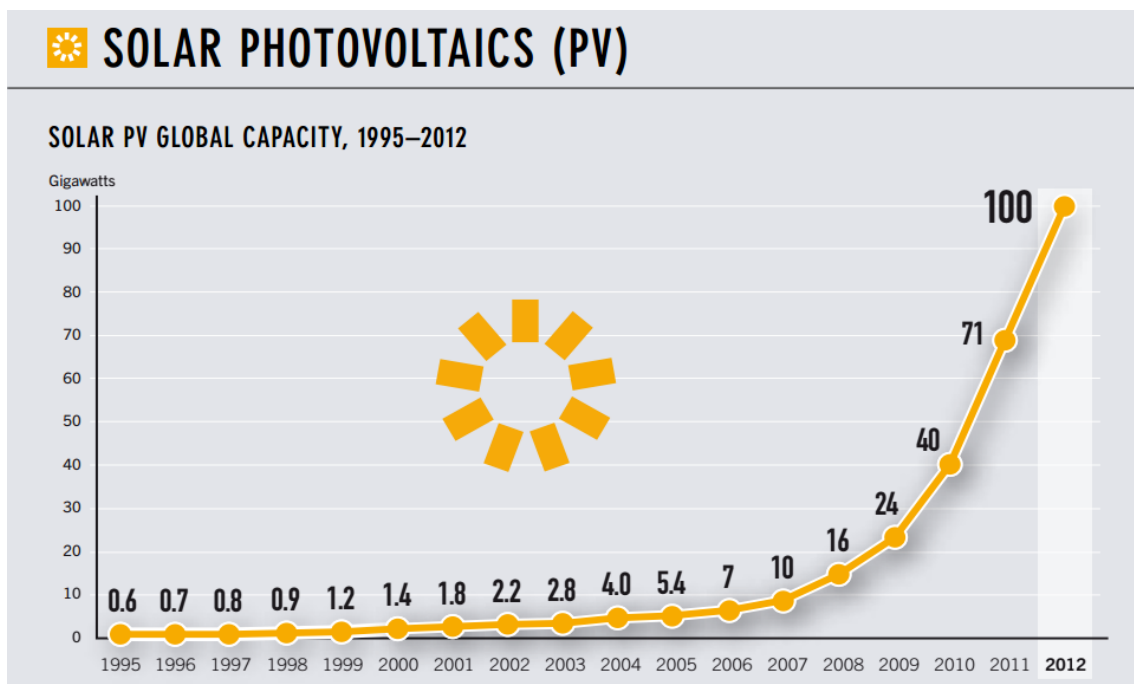
#### 7.4 El sector fotovoltaico.

El sector fotovoltaico actual se puede definir como una industria sometida a cambios constantes que implican una adaptación periódica a los mismos. La energía solar fotovoltaica ha experimentado un gran crecimiento impulsada por la necesidad de asumir nuevos retos más sostenibles para la generación de energía a nivel mundial.

Existen tres factores determinantes de este crecimiento:

- Los mecanismos de fomento de algunos países, como España, que para cumplir sus compromisos con la mitigación del cambio climático y en pro de un cambio del modelo energético hacia una energía limpia, propiciaron el incremento de la capacidad de instalación de esta tecnología.
- El encarecimiento de los combustibles fósiles, el progresivo agotamiento de estos, y la necesidad de frenar los efectos de los gases invernadero y las fuentes contaminantes a nivel mundial.
- La rápida reducción de los costes de los paneles solares y del resto de los componentes, se han reducido en un 80% en 5 años, ha posicionado esta fuente de energía como una nueva tecnología energética de referencia a nivel mundial.

La energía solar fotovoltaica está indicada para un amplio abanico de aplicaciones donde se necesite generar electricidad, bien sea para satisfacer las necesidades energéticas de aquellos que no disponen de acceso a la red eléctrica o bien para generar energía a la red.



Gráfica 8 Evolución de la capacidad solar fotovoltaica en el mundo desde 1995 hasta 2012 en GW. Fuente: Renewables 2013 Global Status Report

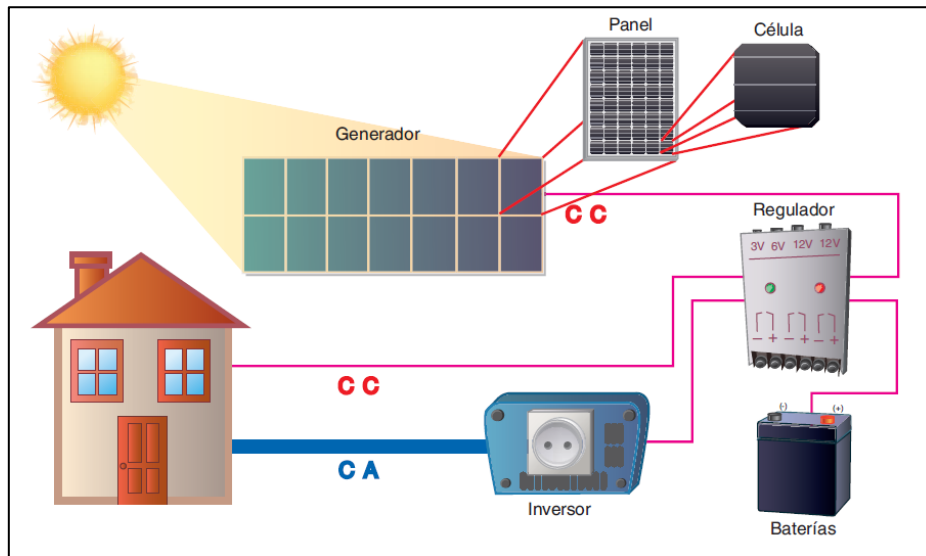
## 7.5 Instalaciones fotovoltaicas.

### 7.5.1 Componentes de una instalación fotovoltaica.

Los elementos principales de una instalación fotovoltaica son los siguientes, lo cuales vienen detallados y caracterizados en el anejo III (pág.21).

- La célula solar.
  - De silicio.
    - Monocristalino.
    - Policristalino.
    - Amorfo.
  - Thin film (capa delgada).
  - Células orgánicas.
- El panel solar.
- El regulador.
- Baterías.
  - Pb – ácido.
  - Ni - Cd.
  - Ni – Mh
  - Li - Ion

- Inversores.
- Cableado.
- Soportes.
  - Fijo.
  - Ajustable.
  - Automático.



**Ilustración 14** Esquema de una instalación fotovoltaica autónoma con todos los componentes anteriormente citados.

### 7.5.2 Tipos de instalaciones fotovoltaicas.

Las instalaciones solares fotovoltaicas se pueden dividir entre aquellas que están aisladas de la red eléctrica y las que están conectadas a ella. Detalladas en Anejo IV (pág. 62).

#### 7.5.2.1 Instalaciones aisladas de la red de la red eléctrica.

Este tipo de instalaciones suministra energía eléctrica a zonas que no tienen acceso a la red. La ausencia de necesidad de combustible, su mantenimiento sencillo y de bajo coste, y su versatilidad de uso y modularidad, pudiéndose instalar en casi cualquier lugar, son sus grandes ventajas.

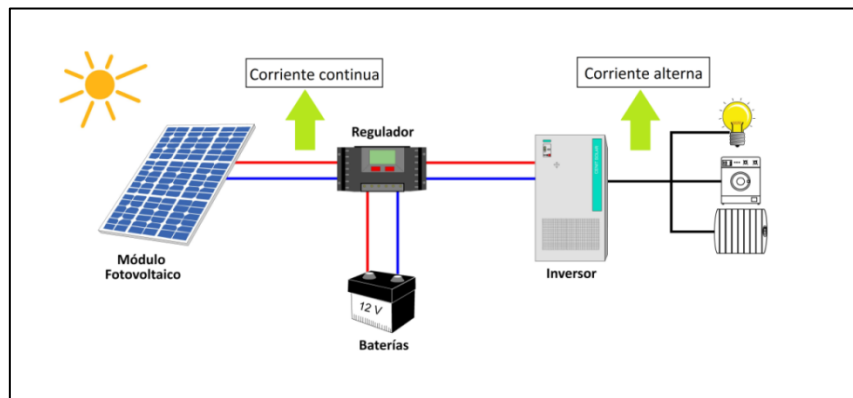


Ilustración 15 Esquema de una red eléctrica fotovoltaica aislada.

Los elementos necesarios para este tipo de instalaciones son los módulos solares, las baterías y un regulador electrónico que controle la carga de las baterías desde el panel fotovoltaico, así como un inversor que transforme la corriente continua en alterna.

En primer lugar, la luz solar incide en los paneles o módulos solares formados por un material semiconductor de silicio cristalino que posee efecto fotoeléctrico, es decir, transforma la luz solar en energía eléctrica continua. Posteriormente, esa electricidad debe acumularse en baterías para disponer de energía durante periodos nocturnos o de poca irradiación (días nublados o con niebla). Entre los paneles solares y las baterías es necesario incluir un regulador de carga de modo que cuando las baterías estén cargadas el regulador cierre el aporte energético desde los paneles a las baterías, para impedir una sobrecarga de estas y por tanto el acortamiento de su vida útil.

Finalmente, la energía acumulada por la batería en forma de corriente continua puede emplearse como tal en luminarias y otros equipos, aunque lo más habitual es transformarla, por medio de un inversor, en corriente alterna a 230 V y 50 Hz en forma de onda senoidal pura que es el estándar eléctrico en España, pudiendo alimentar otro tipo de equipos que trabajen con corriente alterna (frigoríficos, televisores, etc.).

#### 7.5.2.2 Instalaciones conectadas a la red eléctrica.

Se trata de la gran mayoría. Estas instalaciones están conectadas a la red eléctrica y vierten en ella su producción energética. No precisan baterías, por lo tanto son instalaciones más directas y eficientes, ya que se evitan las pérdidas por descarga de las baterías. Sin embargo, precisan de inversores, que transforman la corriente continua proveniente de los paneles solares en corriente alterna para poder inyectarla a la red eléctrica. Este tipo de instalaciones pueden estar tanto en suelo como insertadas en un edificio.

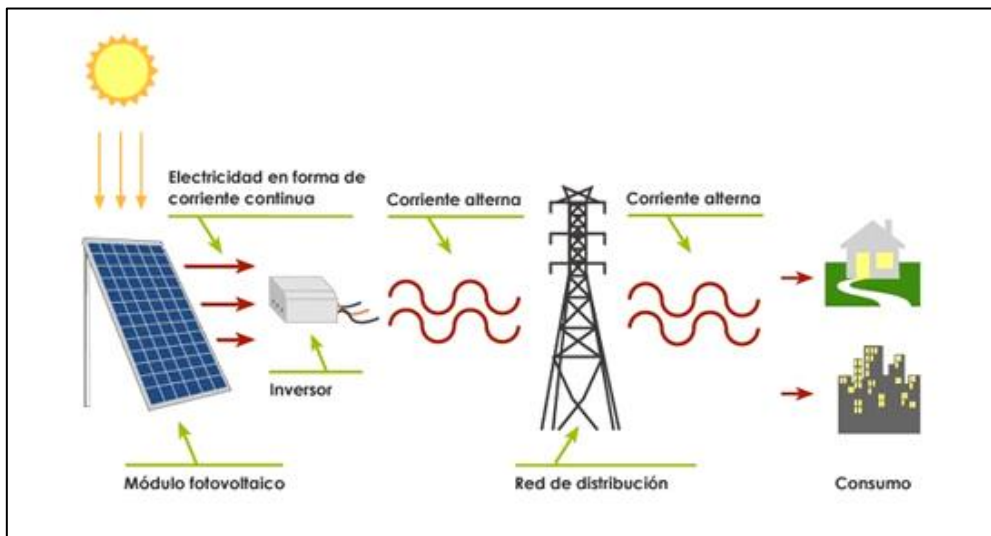


Ilustración 16 Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a red.

En primer lugar la luz solar incide en los paneles o módulos solares formados por un material semiconductor de silicio cristalino que posee efecto fotoeléctrico, es decir, transforma la luz solar en energía eléctrica continua. Esta corriente continua es transformada, por medio de un inversor, en corriente alterna a 230 V y 50 Hz en forma de onda senoidal pura que es el estándar eléctrico en España, incorporándose a la red eléctrica.

#### 7.5.2.2.1 Autoconsumo instantáneo.

El autoconsumo es la posibilidad de consumir instantáneamente la energía eléctrica generada por una instalación fotovoltaica, produciendo un ahorro en la adquisición de dicha energía a la compañía distribuidora. En aquellos momentos en los que la producción de la instalación supera al consumo, se generarían unos excedentes de energía eléctrica que no podrían verse a la red. En caso que el consumo supere a la producción, se consumiría a través de la red. Esta posibilidad sin embargo no está legislada en la actualidad en España, por lo que no es posible su implementación.

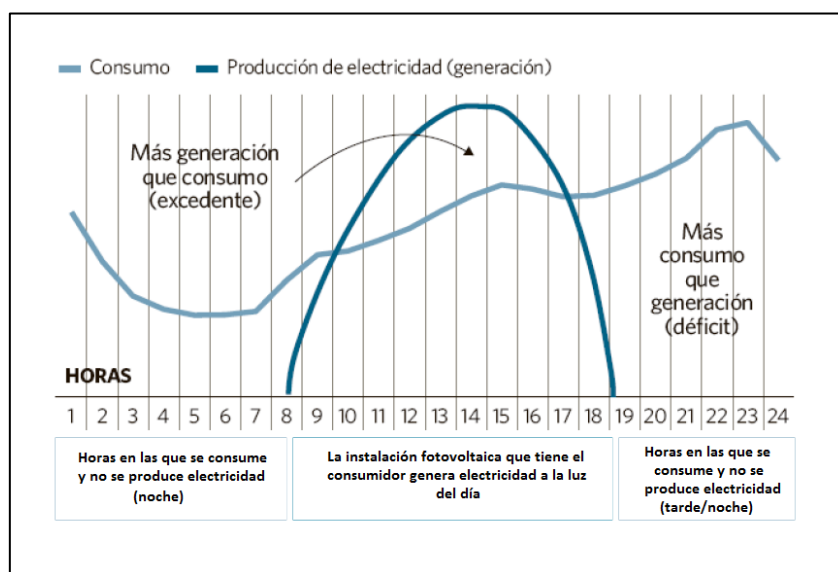


Ilustración 17 Perfil tipo de consumo-generación de una instalación fotovoltaica.

#### 7.5.2.2.2 Autoconsumo con balance neto.

La modalidad de suministro eléctrico con balance neto es un sistema de compensación de saldos de energía de manera instantánea o diferida, que permite a los consumidores la producción individual de energía para su propio consumo, compatibilizando su curva de producción con su curva de demanda.

Es decir, permite verter a la red eléctrica el exceso producido por un sistema de autoconsumo con la finalidad de poder hacer uso de ese exceso en otro momento. De esta forma, la compañía eléctrica que proporcione la electricidad cuando la demanda sea superior a la producción del sistema de autoconsumo, descontará en el consumo de la red de la factura, los excesos vertidos a la misma. Este sistema permite hacer uso de la electricidad producida en exceso, por ejemplo, en vacaciones, por un sistema de autoconsumo. Sin embargo, en España no está legislado este tipo de instalaciones por lo que no podremos implementarla.

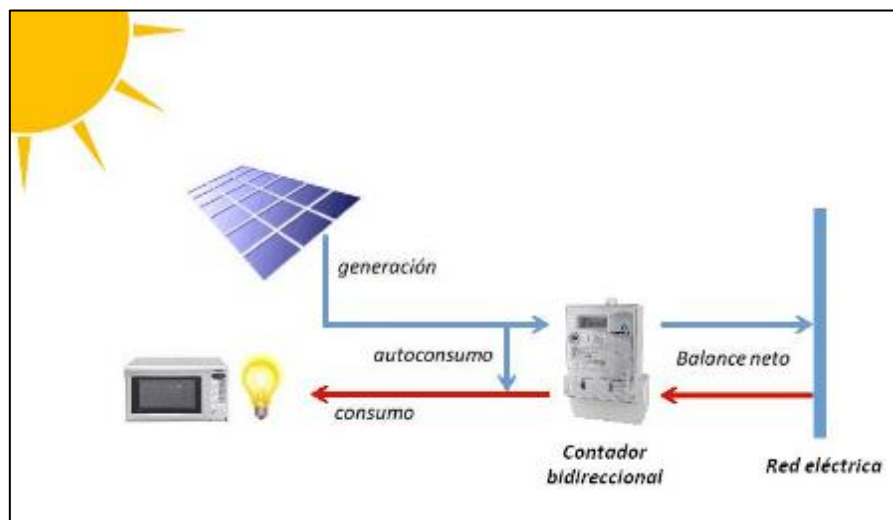


Ilustración 18 Esquema de una instalación de autoconsumo y balance neto.





## **8. Dimensionado de la fotovoltaica**

## **8.1 Introducción.**

A continuación, se va a proceder al dimensionado de las instalaciones solares fotovoltaicas. Como hemos descrito previamente vamos a comparar la rentabilidad de dos alternativas diferentes. Una instalación aislada de la red eléctrica, que cubra completamente las necesidades energéticas de la granja y una instalación conectada a la red eléctrica del mismo tamaño que la anterior.

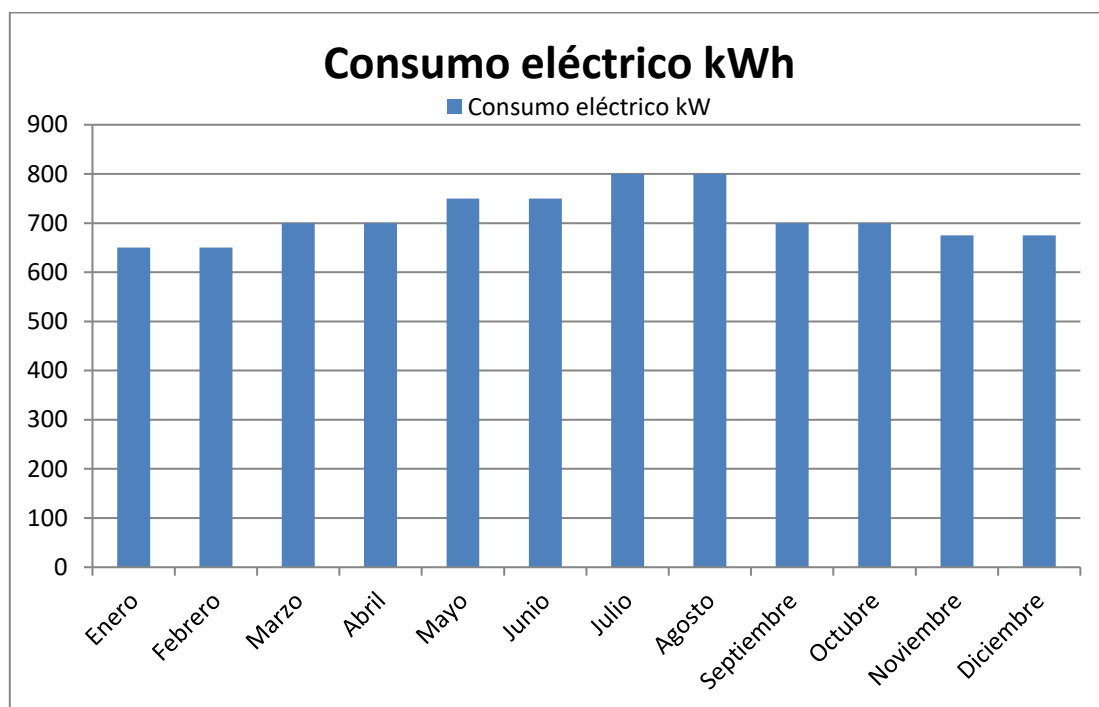
Para el dimensionado de las instalaciones solares se van a emplear los soportes informáticos PVGIS y PVSyst, además de realizarse determinados cálculos manuales. Hoy en día PVSyst es el programa de cálculo de instalaciones fotovoltaicas aisladas y conectadas a la red más usada en el mundo empresarial ya que es sencilla de usar además de tener una precisión excelente y un gran abanico de posibilidades de cálculo y de opciones de simulación. PVGIS es una de las más completas bases de datos que hay en la red, de libre acceso, y tiene la posibilidad de exportar los datos directamente a PVSyst.

## **8.2 Necesidades previas.**

Antes de llevar a cabo el dimensionado de los elementos de la instalación es necesario conocer tanto el consumo eléctrico de la explotación, como los datos de radiación de la ubicación del proyecto. Todos estos datos vienen detallados en el Anejo V (pág.71)

### **8.2.1 Consumo eléctrico de la explotación.**

Según las facturas suministradas por el propietario de la explotación porcina, el consumo eléctrico anual por meses es el siguiente:



Gráfica 9 Consumos eléctrico bimensual (kWh)

### 8.2.2 Radiación solar en la explotación.

Para obtener el nivel de radiación solar en la ubicación de la explotación porcina utilizaremos la base de datos de PVGIS, la cual nos mostrará tanto el nivel mensual de radiación horizontal como la temperatura media en la explotación.

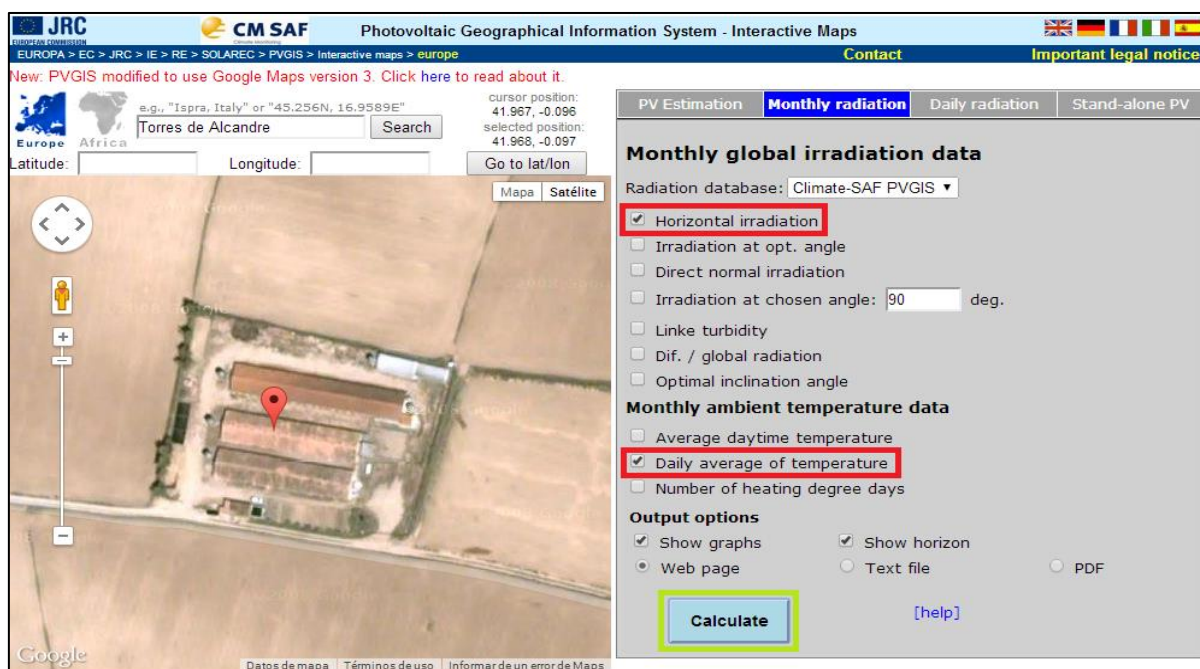


Ilustración 19 Interfaz de PVGIS

Los datos que obtenemos a partir del cálculo en PVGIS en son los siguientes:

<b>Monthly Solar Irradiation</b>																													
<b>PVGIS Estimates of long-term monthly averages</b>																													
Location: 41°58'3" North, 0°5'49" West, Elevation: 395 m a.s.l.,																													
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF																													
Optimal inclination angle is: 38 degrees																													
Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %																													
	<table><tr><th>Month</th><th><math>H_h</math></th></tr><tr><td>Jan</td><td>1960</td></tr><tr><td>Feb</td><td>3170</td></tr><tr><td>Mar</td><td>4840</td></tr><tr><td>Apr</td><td>5540</td></tr><tr><td>May</td><td>6740</td></tr><tr><td>Jun</td><td>7520</td></tr><tr><td>Jul</td><td>7680</td></tr><tr><td>Aug</td><td>6640</td></tr><tr><td>Sep</td><td>5180</td></tr><tr><td>Oct</td><td>3630</td></tr><tr><td>Nov</td><td>2300</td></tr><tr><td>Dec</td><td>1700</td></tr><tr><td>Year</td><td>4750</td></tr></table>	Month	$H_h$	Jan	1960	Feb	3170	Mar	4840	Apr	5540	May	6740	Jun	7520	Jul	7680	Aug	6640	Sep	5180	Oct	3630	Nov	2300	Dec	1700	Year	4750
Month	$H_h$																												
Jan	1960																												
Feb	3170																												
Mar	4840																												
Apr	5540																												
May	6740																												
Jun	7520																												
Jul	7680																												
Aug	6640																												
Sep	5180																												
Oct	3630																												
Nov	2300																												
Dec	1700																												
Year	4750																												
	$H_h$ : Irradiation on horizontal plane ( $\text{Wh/m}^2/\text{day}$ )																												

Tabla 17 Radiación solar horizontal diaria ( $\text{Wh/m}^2/\text{día}$ ) según mes en Torres de Alcanadre (Huesca) Fuente: PV GIS

### 8.3 Dimensionado.

Cuando se realiza el cálculo del dimensionado de una instalación fotovoltaica, ha de tenerse en cuenta de qué tipo de instalación se trata: cuando se diseñan instalaciones aisladas de la red, el objetivo es garantizar el suministro de energía eléctrica; cuando se trata de instalaciones conectadas a la red, el objetivo es maximizar la producción de electricidad solar.

El procedimiento básico de cálculo del dimensionado de este tipo de instalaciones puede dividirse en tres pasos:

- Primero hay de estimar la demanda energética.
- Segundo, la aportación del sistema solar.
- Tercero, a partir de los datos anteriores, establecer la potencia del campo generador.

Esto se hará teniendo en cuenta los valores medios diarios de la demanda energética, la aportación del sistema solar y el rendimiento de la instalación. Con estos valores se establecerá un cálculo mensual y anual.

Todos los cálculos están detallados en el Anejo VI (pág. 78)

### 8.3.1 Instalación fotovoltaica aislada

#### 8.3.1.1 Demanda energética.

Al consumo eléctrico de la explotación obtenido a partir de las facturas, aplicaremos un factor de seguridad o margen de seguridad. El rango del factor de seguridad oscila entre el 10 % y 25 %, por ello elegiremos un factor de seguridad del 20 % para no sobredimensionar demasiado la instalación. De esta manera los consumos diarios ya mayorados serán los siguientes.

Mes	Consumo mensual granja (kWh)	Consumo diario granja (kWh)	Margen de seguridad (%)	Consumo total diario (kWh)
Enero	650	20,97	20	25,16
Febrero	650	23,21	20	27,86
Marzo	700	22,58	20	27,10
Abril	700	23,33	20	28,00
Mayo	750	24,19	20	29,03
Junio	750	25,00	20	30,00
Julio	800	25,81	20	30,97
Agosto	800	25,81	20	30,97
Septiembre	700	23,33	20	28,00
Octubre	700	22,58	20	27,10
Noviembre	675	22,50	20	27,00
Diciembre	675	21,77	20	26,13

Tabla 18 Consumo eléctrico diario total mayorado según el factor de seguridad (kWh).

Así, en la tabla anterior podemos observar que los consumos diarios eléctricos oscilan entre los 25,16 kWh a los 30,97 kWh. A partir de este consumo tendremos que dimensionar la instalación fotovoltaica para que sea capaz de abastecer esa demanda eléctrica, aunque tendremos que tener en cuenta que estos consumos representan unas necesidades energéticas homogéneas en el tiempo, algo que en la realidad no es cierto, ya que se produce una demanda desigual durante las horas diurnas y nocturnas.

#### 8.3.1.2 Aportación del sistema fotovoltaico aislado.

Realizaremos a través del software PVSyst simulaciones para obtener la producción eléctrica obtenida mediante una serie de condicionantes (base de datos e inclinación de los paneles)

que vienen detallados y donde se explica la elección de cada uno de los componentes de la instalación y sus características técnicas. Anejo VII (pág. 103).

Así la producción eléctrica que obtendremos según la base de datos escogida y la inclinación fija o variable de los módulos es la siguiente:

Base de datos	Inclinación	Glob Hor kWh/m <sup>2</sup>	Glob Eff kWh/m <sup>2</sup>	E Avail MWh	E Unused MWh	E User MWh	E Load MWh	SolFrac
PVGIS	Fija (60°)	1730	1854	18,1	7,5	10204	10260	0,972
Meteonorm	Fija (60°)	1560	1628	15,4	4,9	10251	10260	0,967
PVGIS	Variable (30/60°)	1730	2068	20,1	9,5	10248	10260	0,972
Meteonorm	Variable (30/60°)	1560	1821	17,3	6,8	10249	10260	0,967

Tabla 19 Resumen de la producción eléctrica de la instalación calculada a través del PVSyst según base de datos e inclinación.

Tras comparar los diferentes datos obtenidos elegiremos la base de datos de Meteonorm ya que es la más limitante al mostrar una radiación incidente horizontal menor (1560 kWh/m<sup>2</sup>) que provoca por consiguiente una menor cantidad de energía disponible (15,4 MWh/año).

La inclinación que elegiremos será fija (60°) a lo largo de todo el año debido al exceso de energía existente sobre todo en los meses de verano donde existe un excedente eléctrico que no puede almacenarse en baterías por estar estas completamente cargadas. De esta manera conseguiremos reducir el coste de instalación consecuencia de un menor precio de los soportes que sostienen a los módulos fotovoltaicos.

### 8.3.1.2.1 Características de la instalación aislada.

#### 8.3.1.2.1.1 Instalación aislada con 3 días de autonomía.

Este tipo de instalación dispone de los siguientes componentes:

Componentes	Modelo	En serie	En paralelo	Total
Soporte solar	HF2H-2PV-T	0	0	4
Panel solar	MÓDULO POLIICRISTALINO ISF-250 P	2	20	40
Regulador	MORNINGSTAR TRISTAR TS 60	0	3	3
Batería	OPzD Solar 1650	4	2	8
Inversor solar	Schneider XANTREX XW 4548	0	3	3

Tabla 20 Componentes de la instalación fotovoltaica aislada con 3 días de autonomía.

Por tanto, la instalación constará de 4 soportes sin variación en inclinación, 40 paneles solares fotovoltaicos, 3 reguladores de carga, 48 baterías (8 packs) para una autonomía de tres días y 3 inversores trifásicos. La tensión nominal del sistema será de 48 V antes de inversores y la potencia nominal de la instalación será de 13,5 kW.

En la siguiente figura se muestra el diseño de la instalación. Los seguidores estarán orientados al sur, con un azimut de 0°, y separados una distancia este-oeste y norte-sur de 12 metros. Cada soporte constará de 10 módulos solares y su inclinación será de 60°.

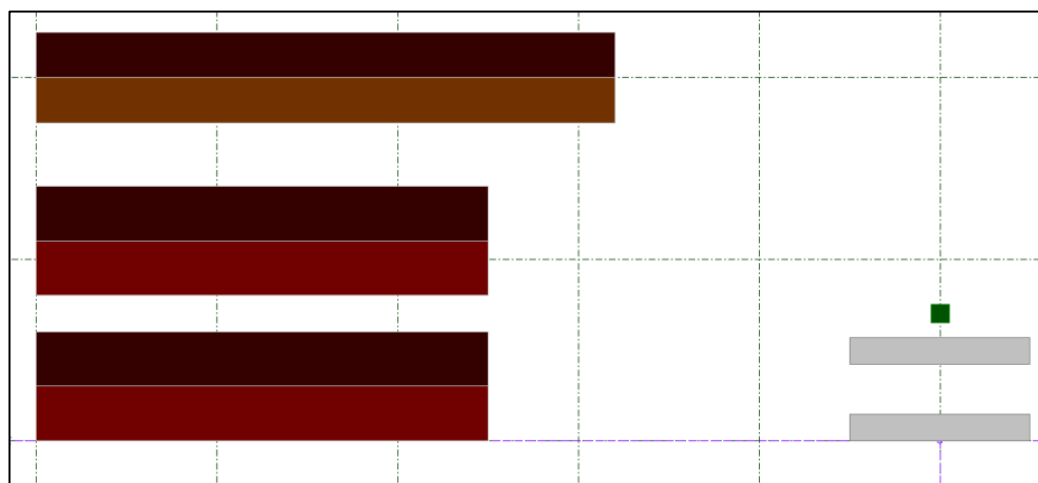


Ilustración 20 Orientación de los paneles fotovoltaicos en la explotación.

Además, para garantizar el suministro eléctrico en el caso de averías o de que en determinados meses no fuesen suficientes los módulos y las baterías por causa de varios días seguidos nublados o consumos fuera de lo normal, se instalará un generador de gasoil que se encenderá automáticamente cuando el regulador de las baterías detecte que la carga de éstas es inferior al mínimo marcado por el fabricante.

#### 8.3.1.2.1.2 Instalación aislada con 1 días de autonomía.

Este tipo de instalación dispone de los siguientes componentes:

Componentes	Modelo	En serie	En paralelo	Total
Soporte solar	HF2H-2PV-T	0	0	4
Panel solar	MÓDULO POLIICRISTALINO ISF-250 P	2	20	40
Regulador	MORNINGSTAR TRISTAR TS 60	0	3	3
Batería	OPzD Solar 1410	4	1	4
Inversor solar	Schneider XANTREX XW 4548	0	3	3

Tabla 21 Componentes de la instalación fotovoltaica aislada.

Por tanto, la instalación constará de 4 soportes sin variación en inclinación, 40 paneles solares fotovoltaicos, 3 reguladores de carga, 24 baterías (4 packs) para una autonomía de un día y 3 inversores trifásicos. La tensión nominal del sistema será de 48 V antes de inversores y la potencia nominal de la instalación será de 13,5 kW.

En la siguiente figura se muestra el diseño de la instalación. Los seguidores estarán orientados al sur, con un azimut de 0°, y separados una distancia este-oeste y norte-sur de 12 metros. Cada soporte constará de 10 módulos solares y su inclinación será de 60°.



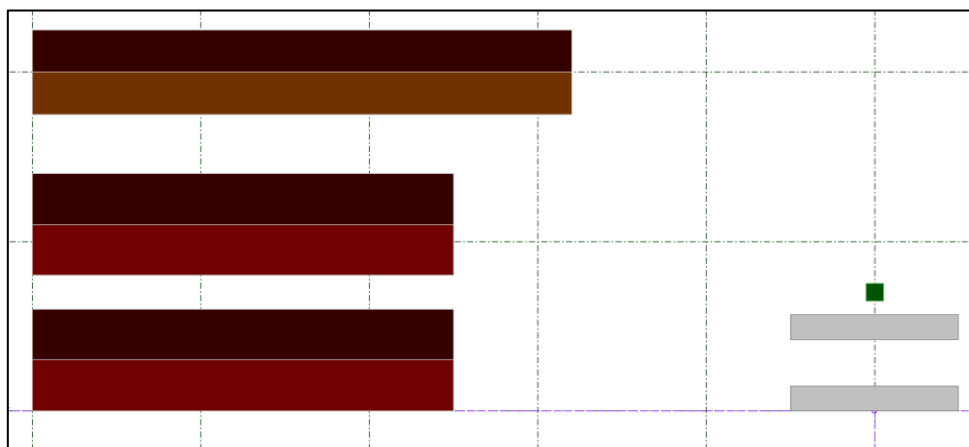
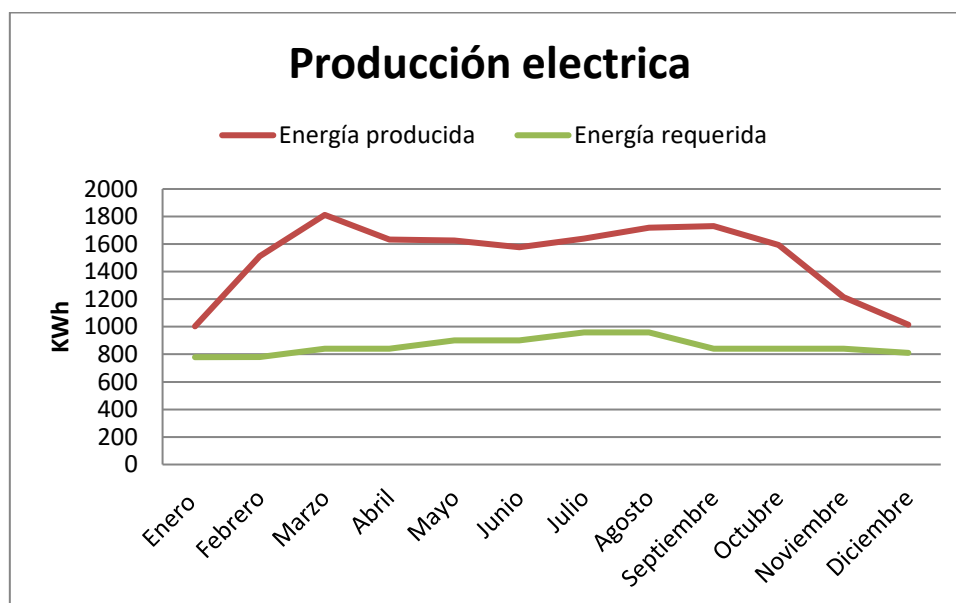


Ilustración 21 Orientación de los paneles fotovoltaicos en la explotación.

Además, para garantizar el suministro eléctrico en el caso de averías o de que en determinados meses no fuesen suficientes los módulos y las baterías por causa de varios días seguidos nublados o consumos fuera de lo normal, se instalará un generador de gasoil que se encenderá automáticamente cuando el regulador de las baterías detecte que la carga de éstas es inferior al mínimo marcado por el fabricante.

#### 8.3.1.2.1.3 Producción eléctrica instalación aislada fija

La energía total producida por el sistema de 4 soportes fotovoltaicos fijos aislados de la red eléctrica y 40 módulos fotovoltaicos es de 18,08 MWh/año. En la siguiente gráfica, podemos observar la producción de cada mes, realizado mediante el uso de la base de datos de Meteonorm, y como se cubren las necesidades energéticas.



Gráfica 10 Energía Producida - Requerida en la explotación fotovoltaica aislada.

Sin embargo, a pesar de cubrir las necesidades en cuanto a producción total de energía podemos observar que durante los meses de Noviembre, Diciembre y Enero, deberemos hacer uso del generador auxiliar para hacer frente a momentos de demanda puntual elevada de electricidad. Esto supone un consumo anual de 100 Litros de Diesel.

Debido al exceso de energía durante un gran número de meses donde las baterías están a plena carga, se podría acumular ese exceso como agua caliente para su posterior uso en determinados momentos.

### 8.3.2 Instalación conectada a red

#### 8.3.2.1 Instalación conectada a red con soportes variables estacionales.

Este tipo de instalación dispone de los siguientes componentes:

Componentes	Modelo	En serie	En paralelo	Total
Soporte solar	HIASA HRP - 2P	0	0	4
Panel solar	MÓDULO POLICRISTALINO ISF-250 P	10	4	40
Inversor solar	Fronius IG Plus 150	1	1	1

Tabla 22 Componentes de la instalación fotovoltaica conectada a red con soportes de inclinación variable.

Por tanto, la instalación constará de 4 soportes con variación en inclinación, 40 paneles solares fotovoltaicos y 1 inversor. La tensión nominal del sistema será de 299 V antes del inversor y la potencia nominal será de 12KW.

En la siguiente figura se muestra el diseño de la instalación. Los soportes estarán orientados al sur, con un azimut de 0°, y separados una distancia este-oeste y norte-sur de 12 metros. Cada seguidor constará de 40 módulos solares, cuatro conectados en paralelo y 10 en serie.

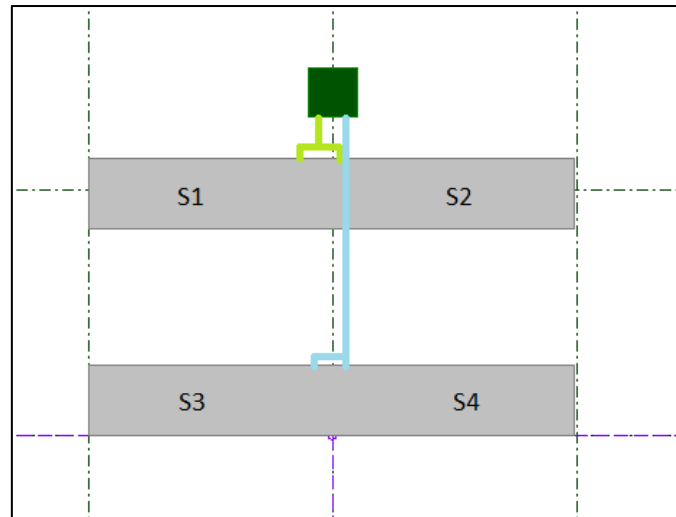
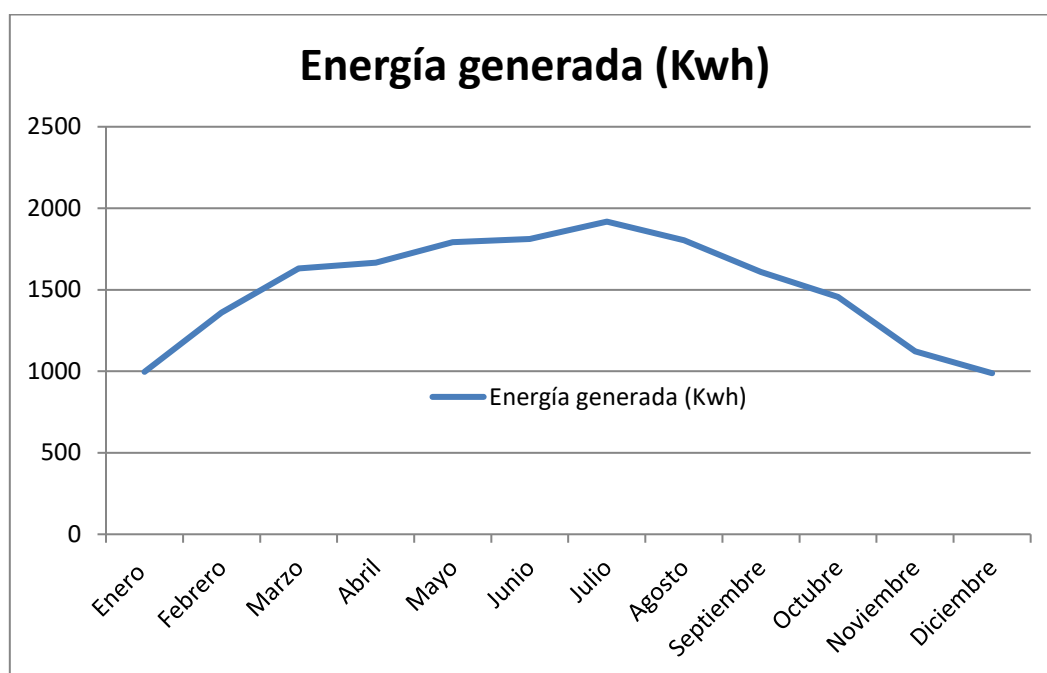


Ilustración 22 Orientación de los paneles fotovoltaicos en la explotación

#### 8.3.2.1.1 Producción eléctrica instalación conectada a red con inclinación variable.

La energía total producida por el sistema de 4 soportes fotovoltaicos (30 y 60 ° de inclinación) conectados a la red eléctrica es de **17,28 MWh/año**. En la siguiente gráfica podemos observar la producción de cada mes.



Gráfica 11 Energía producida en la explotación conectada a red con soporte de inclinación variable (kWh)

Esta energía producida será vertida a la red de distribución más cercana a la explotación a un precio acordado con la empresa distribuidora a través de un contrato. Generalmente, el precio de venta de la energía suele estar asociado al valor del "pool" eléctrico durante el vertido de la electricidad.

Este precio del "pool" se fija en base a la última tecnología de generación eléctrica necesaria en entrar al sistema para poder hacer frente a la demanda energética existente.

Se puede establecer un precio "pool" medio anual de alrededor de 40-50 Euros/MWh a partir del cual calcular la viabilidad económica de una instalación fotovoltaica conectada a red.

### 8.3.2.2 Instalación conectada a red con soportes fijos (40°).

Este tipo de instalación dispone de los siguientes componentes:

Componentes	Modelo	En serie	En paralelo	Total
Soporte solar	HF2H-2PV-T	0	0	4
Panel solar	MÓDULO POLICRISTALINO ISF-250 P	10	4	40
Inversor solar	Fronius IG Plus 150	1	1	1

Tabla 23 Componentes de la instalación fotovoltaica conectada a red con soportes fijos.

Por tanto, la instalación constará de 4 soportes sin variación en inclinación, 40 paneles solares fotovoltaicos y 1 inversor. La tensión nominal del sistema será de 299 V antes del inversor y la potencia nominal será de 12KW.

En la siguiente figura se muestra el diseño de la instalación. Los soportes estarán orientados al sur, con un azimuth de 0°, y separados una distancia este-oeste y norte-sur de 12 metros. Cada seguidor constará de 40 módulos solares, cuatro conectados en paralelo y 10 en serie.

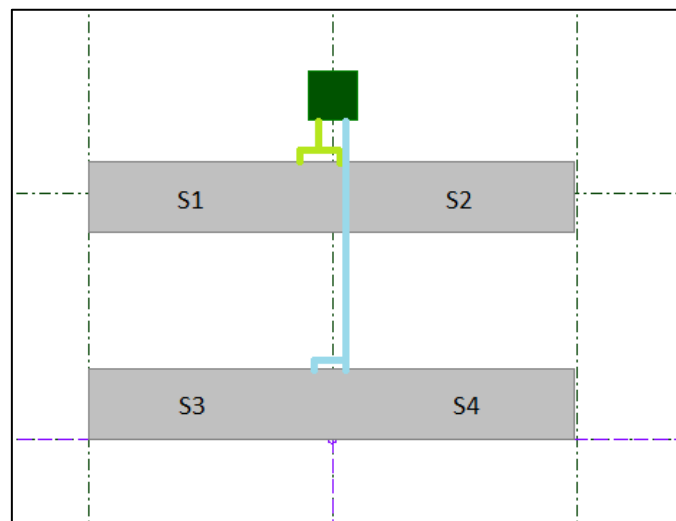
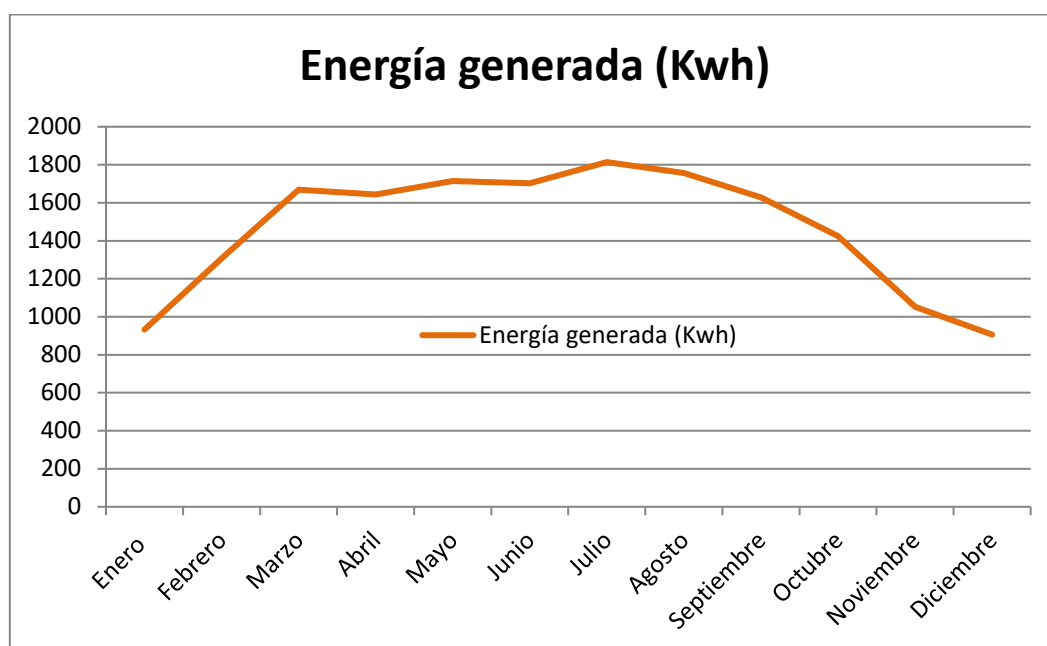


Ilustración 23 Orientación de los paneles fotovoltaicos en la explotación.

#### 8.3.2.2.1 Producción eléctrica instalación conectada a red con inclinación fija (40°).

La energía total producida, al igual que en la opción de aislada, por el sistema de 4 soportes fotovoltaicos fijos conectados a la red eléctrica pero en este caso a una inclinación de 40 ° para maximizar así la radiación incidente en los meses de verano es de **16,70 MWh/año**. En la siguiente gráfica podemos observar la producción de cada mes.



Gráfica 12 Energía producida en la explotación conectada a red con soporte de inclinación fija.

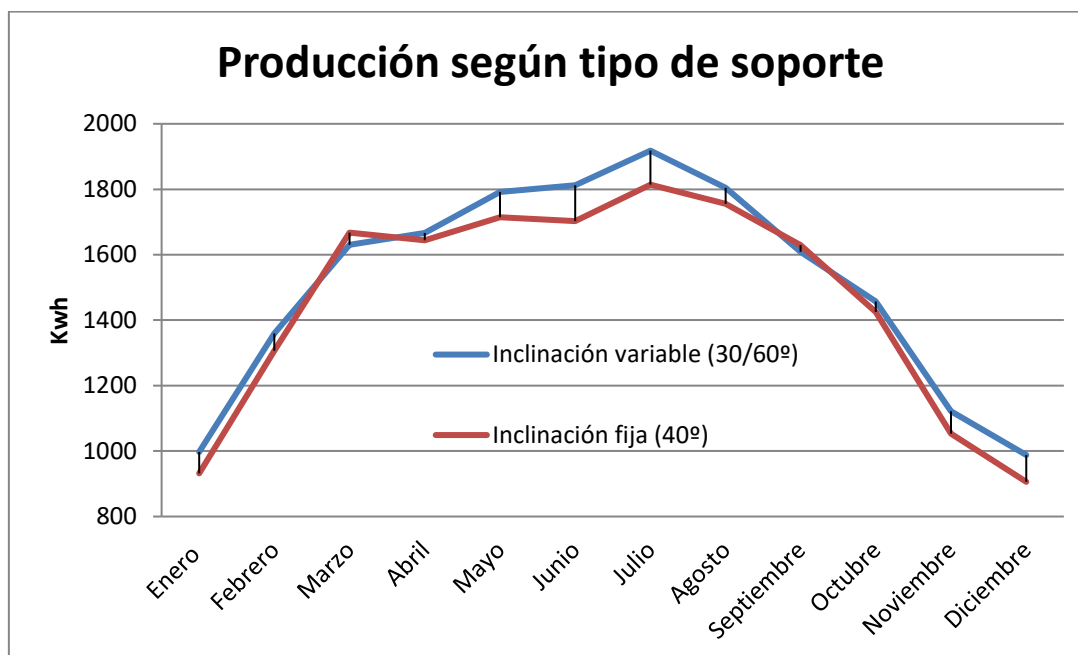
Esta energía producida, al igual que se ha explicado anteriormente, será vertida a la red de distribución más cercana a la explotación a un precio acordado con la empresa distribuidora a través de un contrato. Generalmente, el precio de venta de la energía suele estar asociado al valor del "pool" eléctrico durante el vertido de la electricidad.

### 8.3.2.3 Diferencia de producción eléctrica entre instalación con soportes fijos y variables.

Se comparan las 2 opciones existentes y vemos que la variación de la producción con soportes con inclinación variable es mínima respecto a los soportes con inclinación fija. Esta variación supone una producción de 580 KWh extra cada año, es decir un aumento de la producción del 3,4 %, el cual podríamos calificar como despreciable.

Por tanto, a la hora de elegir entre ambas opciones, se seleccionará la estructura con inclinación

fija, que pese a tener una producción eléctrica menor; tiene un coste de instalación significativamente menor y al igual que un menor coste de mantenimiento.



Gráfica 13 Comparativa entre producción fotovoltaica con estructura variable (30/60°) o fija (40°) en una instalación conectada a red.

## 8.4 Análisis económico.

En este estudio se busca dar respuesta a todo el contenido del proyecto. El objetivo es analizar la viabilidad económica de las diferentes alternativas, demostrando cuál de las posibles alternativas resultaría más rentable.

Se van a analizar varias alternativas además de las descritas minuciosamente anteriormente (aislada y conexión a red), como la instalación híbrida (Fotovoltaica + Diesel).

Se tomará en principio un aumento del precio de la electricidad del 8,52 % anual, puesto que

en los últimos 7 años se ha producido un incremento del precio de la luz de más del 65 %, muy por encima de la inflación acumulada en el mismo período (12,3 %).

Además, se estudiará a qué precio debería estar el kWh para que la inversión resultara rentable en caso de que esta no lo fuera inicialmente. El periodo de estudio serán 25 años.

#### 8.4.1 Tarifa eléctrica.

A la hora de comparar económicamente las diferentes alternativas posibles, se considerará el precio del kWh actual para una tarifa eléctrica del tipo Tarifa 3.0.1 sin discriminación horaria y con una potencia nominal de 10,38 kW.

ENDESA	Tarifa	Término de potencia (€/kW/mes)	Término de energía (€/kWh)
Sin DH	3.0.1	3,75516	0,148679

Tabla 24 Tarifa eléctrica actual en la explotación porcina.

Por tanto,, el gasto eléctrico actual de la explotación porcina mensualmente es el siguiente:

Mes	kWh	€/kW/mes	€/kWh	Energía (€)	Potencia (€)	Alquiler eq.	Imp. electr	Total
ENE	650	3,7551	0,14867	96,64	38,98	3,36	6,93	145,91
FEB	650	3,7551	0,14867	96,64	38,98	3,36	6,93	145,91
MAR	700	3,7551	0,14867	104,07	38,98	3,36	7,31	153,72
ABR	700	3,7551	0,14867	104,07	38,98	3,36	7,31	153,72
MAY	750	3,7551	0,14867	111,50	38,98	3,36	7,69	161,53
JUN	750	3,7551	0,14867	111,50	38,98	3,36	7,69	161,53
JUL	800	3,7551	0,14867	118,94	38,98	3,36	8,07	169,35
AGO	800	3,7551	0,14867	118,94	38,98	3,36	8,07	169,35
SEP	700	3,7551	0,14867	104,07	38,98	3,36	7,31	153,72
OCT	700	3,7551	0,14867	104,07	38,98	3,36	7,31	153,72
NOV	675	3,7551	0,14867	100,35	38,98	3,36	7,12	149,81
DIC	675	3,7551	0,14867	100,35	38,98	3,36	7,12	149,81
TOTAL SIN 21% IVA								1868,09
TOTAL CON 21% IVA								2134,38

Tabla 25 Coste de la electricidad mensual de la explotación porcina.

#### 8.4.2 Préstamo financiero.

Como se ha analizado en el caso de la biomasa, para llevar a cabo el análisis económico se estudiará diferentes alternativas. En particular se verán 3 posibilidades; con un préstamo del



100, 50 y del 0 % sobre el presupuesto total de inversión.

Se solicitará un préstamo de los presupuestos citados previamente, a un plazo de 20 años e interés fijo. Este interés es del 7.746 % anual.

#### **8.4.3 Índices de rentabilidad.**

Para llevar a cabo el estudio económico se van a tener en cuenta los mismos índices de rentabilidad que en el caso de la instalación de biomasa.

### **8.5 Esquema de conexiones de la instalación aislada.**

- Módulos fotovoltaicos.

La instalación de los soportes y de los paneles fotovoltaicos de la instalación va a ser mixta, es decir, se va a conectar tanto en serie como en paralelo. La tensión del campo solar no podrá nunca ser superior a la del sistema, por lo que dividiendo la tensión nominal de los módulos escogidos se obtiene el número de paneles solares que podemos conectar en serie.

$$PS = \frac{\text{Tensión del sistema}}{\text{Tensión del panel fotovoltaico}} = \frac{48 V}{24 V} = 2 \text{ paneles en serie}$$

El resto de los paneles existentes en los soportes irán conectados en paralelo (20 módulos) para poder mantener un mismo valor de tensión en la instalación.

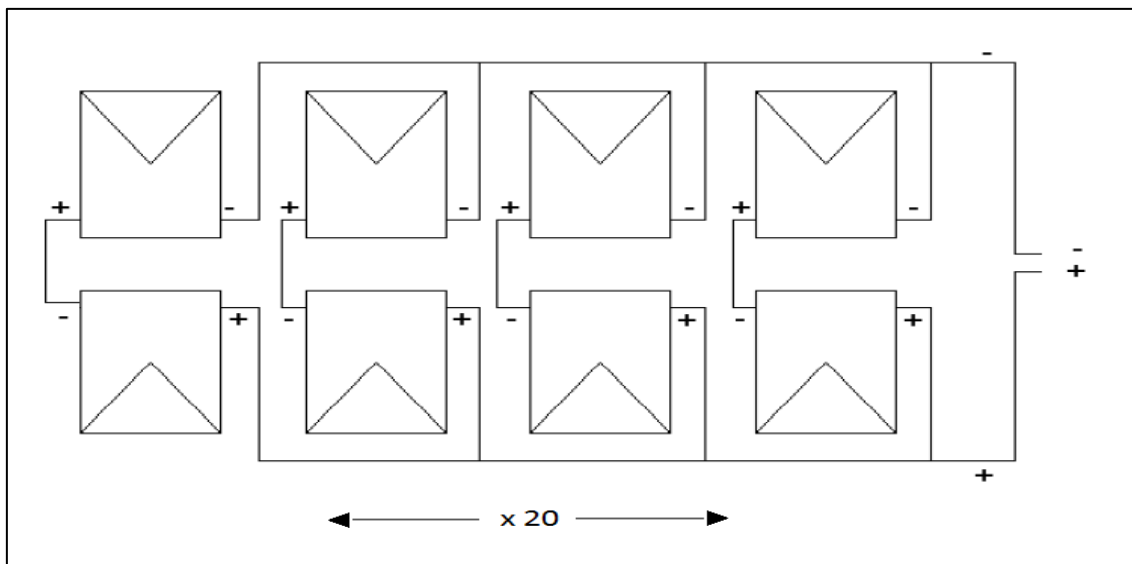


Ilustración 24 Esquema módulos fotovoltaicos en instalación aislada.

- Regulador.

Instalaremos 3 reguladores (Tristar TS60 de Morningstar).en paralelo capaces de controlar la intensidad máxima que pueda generar el cámpo fotovoltaico.

- Inversor.

Se instalarán 3 inversor/cargadores específicos para instalaciones aisladas SCHNEIDER XANTREX XW4548-230-50. Estos 3 inversores/cargadores irán conectados en paralelo.

- Baterías.

Se instalarán dependiendo de la autonomía que requiramos:

Autonomía	Paralelo	Serie
3 días	2	4
1 día	1	4

Tabla 26 Conexión serie-paralelo de baterías según atonomía.

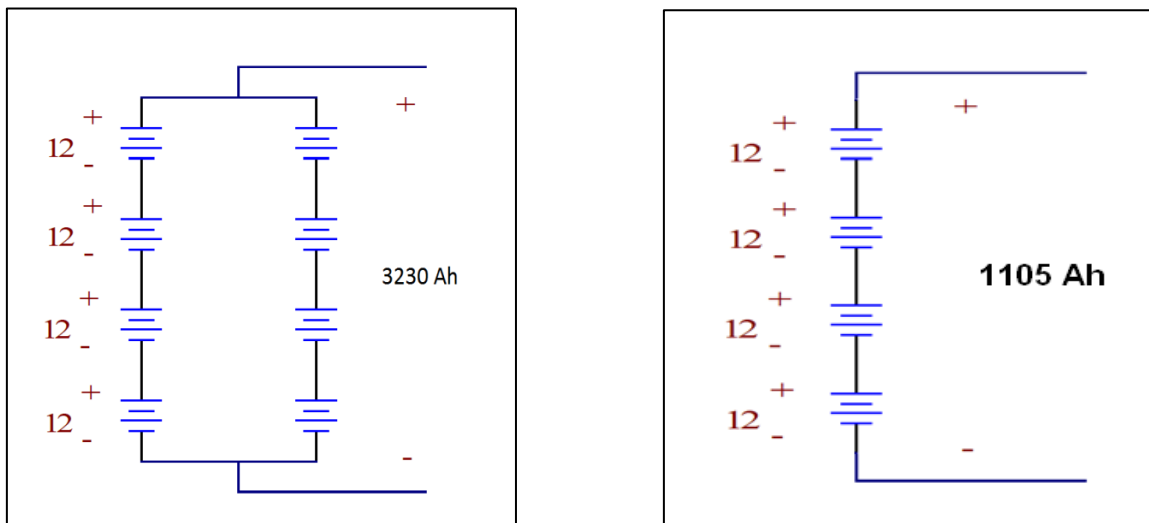


Ilustración 25 Esquema de instalación de baterías con 3 y 1 día de autonomía respectivamente.

## 8.6 Instalación fotovoltaica conectada a red.

Con el objetivo de comparar económicamente las distintas alternativas con la mayor eficacia posible, la instalación conectada a la red eléctrica va a tener las mismas dimensiones que el sistema aislado de la red eléctrica. Estará formada por 40 módulos divididos en 4 soportes con inclinación fija (60º) y capacidad para 10 módulos fotovoltaicos.

### 8.6.1 Características de la instalación.

#### 8.6.1.1 Conexiones de la instalación.

- Módulos fotovoltaicos.

Conectando más paneles en serie aumentamos la tensión del sistema, disminuyendo la intensidad transportada, lo que redunda en un menor gasto en cableado. Como cada soporte alberga 10 paneles, con una disposición 2 x 5, se van a plantear las 2 tipos de conexión en serie-paralelo que mejor se adaptan a esta disposición de paneles.

- Conexión tipo 1: 2 paneles en serie
- Conexión tipo 2: 4 paneles en serie
- Conexión tipo 3: 5 paneles en serie
- Conexión tipo 4: 10 paneles en serie

	Paneles en serie	Paneles en paralelo	Intensidad de salida (Ipmp )	Tensión de salida (Vpmp)	Intensidad de salida (Isc)	Tensión de salida (Voc)
Tipo 1	2	20	169	59,82	178	75,62
Tipo 2	4	10	84,5	119,6	89	151,2
Tipo 3	5	8	67,6	149,5	71,2	189
Tipo 4	10	4	33,8	299,1	35,6	378,1

Tabla 27 Análisis de alternativas en la conexión serie-paralelo de los paneles fotovoltaicos.

Generalmente los rangos de tensión más bajos implican potencias más bajas, lo que significa que se precisaría un mayor número de inversores. Por ello elegiremos la combinación de 10 paneles en serie y 4 en paralelo. El diámetro se ha de ser estimado para una caída de tensión no superior al 1,5 %.

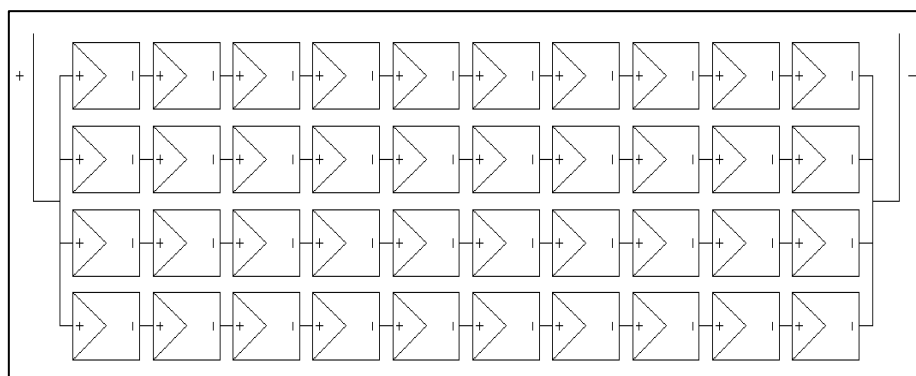


Ilustración 26 Esquema de conexiones de la instalación fotovoltaica conectada a red.

#### - Inversor

El inversor a emplear en la instalación conectada a la red eléctrica tiene que cumplir principalmente dos requisitos.

- La primera condición es que la tensión del sistema se encuentre dentro de su rango de tensión. La tensión del sistema se ha determinado previamente conectando 10 paneles en serie.
- La segunda condición es que la máxima potencia de entrada permitida por el inversor sea mayor que la potencia del campo solar (10 Kwp).

Para cumplir estas dos premisas se selecciona un inversor solar "Fronius IG Plus 150"



Escuela Politécnica  
Superior - Huesca  
Universidad Zaragoza

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y DE BIOMASA EN UNA  
EXPLOTACIÓN DE CERDAS REPRODUCTORAS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE TORRES DE  
ALCANDRE (HUESCA)

---

## **9. Viabilidad económica de la fotovoltaica**

## 9.1 Análisis económico.

En este estudio se busca dar respuesta a todo el contenido del proyecto. El objetivo es analizar la viabilidad económica de las diferentes alternativas, demostrando cuál de las posibles alternativas resultaría más rentable.

Se van a analizar varias alternativas además de las descritas minuciosamente anteriormente (aislada y conexión a red), como la instalación híbrida (Fotovoltaica + Diesel).

Tomaremos en principio un aumento del precio de la electricidad del 8,52 % anual, puesto que en los últimos 7 años se ha producido un incremento del precio de la luz de más del 65 %, muy por encima de la inflación acumulada en el mismo período (12,3 %).

Además, se estudiará a qué precio debería estar el kWh para que la inversión resultara rentable en caso de que esta no lo fuera inicialmente. El periodo de estudio serán 25 años.

### 9.1.1 Tarifa eléctrica.

A la hora de comparar económicamente las diferentes alternativas posibles, se considerará el precio del kWh actual para una tarifa eléctrica del tipo Tarifa 3.0.1 sin discriminación horaria y con una potencia nominal de 10,38 kW.

ENDESA	Tarifa	Término de potencia (€/kW/mes)	Término de energía (€/kWh)
Sin DH	3.0.1	3,75516	0,148679

Tabla 28 Tarifa eléctrica actual en la explotación porcina.

Por tanto, el gasto eléctrico actual de la explotación porcina mensualmente es el siguiente:

Mes	kWh	€/kW/mes	€/kWh	Energía (€)	Potencia (€)	Alquiler eq.	Imp. electr	Total
ENE	650	3,7551	0,14867	96,64	38,98	3,36	6,93	145,91
FEB	650	3,7551	0,14867	96,64	38,98	3,36	6,93	145,91
MAR	700	3,7551	0,14867	104,07	38,98	3,36	7,31	153,72
ABR	700	3,7551	0,14867	104,07	38,98	3,36	7,31	153,72
MAY	750	3,7551	0,14867	111,50	38,98	3,36	7,69	161,53
JUN	750	3,7551	0,14867	111,50	38,98	3,36	7,69	161,53
JUL	800	3,7551	0,14867	118,94	38,98	3,36	8,07	169,35
AGO	800	3,7551	0,14867	118,94	38,98	3,36	8,07	169,35
SEP	700	3,7551	0,14867	104,07	38,98	3,36	7,31	153,72
OCT	700	3,7551	0,14867	104,07	38,98	3,36	7,31	153,72
NOV	675	3,7551	0,14867	100,35	38,98	3,36	7,12	149,81
DIC	675	3,7551	0,14867	100,35	38,98	3,36	7,12	149,81
TOTAL SIN 21% IVA								1868,09
TOTAL CON 21% IVA								2134,38

Tabla 29 Coste de la electricidad mensual de la explotación porcina.

### 9.1.2 Préstamo financiero.

Como se ha analizado en el caso de la biomasa, para llevar a cabo el análisis económico se estudiará diferentes alternativas. En particular se verán 3 posibilidades; con un préstamo del 100, 50 y del 0 % sobre el presupuesto total de inversión.

Se solicitará un préstamo de los presupuestos citados previamente, a un plazo de 20 años e interés fijo. Este interés es del 7.746 % anual.

### 9.1.3 Índices de rentabilidad.

Para llevar a cabo el estudio económico se van a tener en cuenta los mismos índices de rentabilidad que vienen descritos en el caso de la instalación de biomasa. Es decir:

- V.A.N.
- T.I.R.
- PayBack.

## 9.2 Presupuesto

### 9.2.1 Opción 1: Instalación aislada con 3 días de autonomía.

El coste anual que nos supone estar conectados actualmente a la red eléctrica sin contar los impuestos es de 1763 €.

#### 9.2.1.1 Resumen del presupuesto.

A continuación, se muestra el resumen del presupuesto desglosado en capítulos, correspondiente al volumen de obra total del proyecto formado por un sistema de 40 paneles FV aislados de la red eléctrica y 8 grupos de baterías. El presupuesto completo puede observarse en el anexo.

##### RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
C01	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	626,04	1,20
C02	ESTRUCTURA.....	2.187,40	4,20
C03	EQUIPOS.....	34.610,72	66,48
C04	INTALACIÓN ELÉCTRICA.....	4.945,51	9,50
C05	CASETA BATERÍAS.....	6.643,27	12,76
C06	URBANIZACIÓN.....	1.681,90	3,23
C07	SEGURIDAD Y SALUD.....	1.302,92	2,50
C08	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	60,98	0,12
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		52.058,74	
13,00% Gastos generales.....		6.767,64	
6,00% Beneficio industrial.....		3.123,52	
SUMA DE G.G. y B.I.		9.891,16	
21,00% I.V.A.....		13.009,48	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		74.959,38	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		74.959,38	

Ilustración 27 Resumen de presupuesto de la instalación aislada con 3 días de autonomía.

#### 9.2.1.2 Cobros ordinarios.

A la hora de realizar el estudio económico consideramos el coste energético de la explotación como cobros ordinarios puesto que es dinero que deberíamos pagar en caso de estar conectados a la red. El coste anual asciende a la cifra de 1.763,63 €, que con el 21% de I.V.A. nos asciende a un total de 2.134 €.



#### **9.2.1.3 Subvenciones y ayudas.**

La ORDEN de 14 de diciembre de 2011, del Departamento de Economía y Empleo, por la que se aprueban las bases reguladoras y se convocan para el ejercicio 2011, subvenciones para el uso eficiente de la energía y aprovechamiento de energías renovables, fue la última ley aprobada por el Gobierno de Aragón para la concesión de ayudas.

El plazo para la presentación de las solicitudes correspondientes a la presente Orden comenzó el día siguiente de la publicación de la convocatoria en el Boletín Oficial de Aragón y finalizó el 16 de enero de 2012. Por tanto, no se considera ningún tipo de ayuda ni subvención.

#### **9.2.1.4 Pagos ordinarios.**

Los pagos ordinarios serán las tareas de mantenimiento regular e inspecciones habituales en este tipo de instalaciones y las reparaciones que fuesen necesarias realizar, así como el combustible consumido en caso de descarga de las baterías o de posibles averías.

La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas, así como el mantenimiento correctivo. Se considera un pago ordinario relativo a las operaciones de vigilancia y mantenimiento de 300 €/año.

La revisión anual de los equipos de extinción de incendios también se considera un pago ordinario, que asciende a 48,9 €/año.

El consumo de gasoil es un dato difícil de estimar, ya que no puedo conocer con exactitud el número de días sin sol que tendrán lugar a lo largo de la vida útil de la instalación. Para estimar este consumo voy a considerar que un 10% de los días sin sol que se producen durante todo el año tienen lugar a lo largo de cuatro días o más seguidos.

## Estudio de viabilidad de una instalación fotovoltaica y de biomasa en una explotación de cerdas reproductoras en el término de Torres de Alcanadre (Huesca)

Periodo: 1971-2000 - Altitud (m): 541  
Latitud: 42° 5' 0" N - Longitud: 0° 19' 35" O

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	4.9	8.5	1.3	39	78	6	1	0	8	11	6	131
Febrero	7.0	11.5	2.5	32	70	5	1	0	3	6	6	169
Marzo	9.6	15.0	4.2	34	60	4	0	0	1	4	7	220
Abril	11.4	17.2	5.7	53	59	6	0	1	1	1	6	245
Mayo	15.3	21.3	9.3	62	58	8	0	3	1	0	5	265
Junio	19.7	26.5	12.9	47	53	5	0	5	1	0	8	298
Julio	23.4	30.8	16.1	20	48	3	0	4	0	0	14	339
Agosto	23.3	30.2	16.3	38	50	4	0	5	1	0	11	310
Septiembre	19.5	25.4	13.5	54	57	4	0	3	1	0	8	241
Octubre	14.3	19.1	9.5	54	67	6	0	1	2	0	6	197
Noviembre	8.9	12.9	4.9	50	76	6	0	0	6	4	5	144
Diciembre	5.6	9.1	2.1	51	81	6	0	0	10	9	6	112
Año	13.6	19.0	8.2	535	63	62	2	23	35	34	84	2682

### Leyenda

T Temperatura media mensual/anual (°C)

TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)

Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)

R Precipitación mensual/anual media (mm)

H Humedad relativa media (%)

DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm

DN Número medio mensual/anual de días de nieve

DT Número medio mensual/anual de días de tormenta

DF Número medio mensual/anual de días de niebla

DH Número medio mensual/anual de días de helada

DD Número medio mensual/anual de días despejados

I Número medio mensual/anual de horas de sol

**Tabla 30 Valores climatológicos normales en Huesca. Fuente: AEMET**

Como se puede observar en la tabla anterior tenemos un total de 122 días sin sol a lo largo del año. Como se ha dicho previamente se considera que habrá 4 o más días seguidos nublados con una probabilidad del 10%. Eso hace un total de 12,2 días. Como la instalación solar está diseñada con tres días de autonomía, se considera que se abastecerá a la explotación a través del generador durante 3,05 días. Estimando un consumo eléctrico medio de la explotación de 20 horas diarias, se generará energía durante 61 horas.

Consumo de combustible	
Horas	61
Consumo generador	3,5 l/h
Consumo total	213 l/año
Precio gasóleo	0,90 C
Total	192,15 €/año

**Tabla 31 Consumo anual de combustible por días sin sol.**

Por tanto, se tiene un gasto total de combustible de 192,15 €, al cual tendremos que añadir los posibles consumos por parte de la explotación en momentos en que la instalación no sea capaz de suministrar la energía necesaria para el correcto funcionamiento. Este dato se obtendrá a partir de los resultados del PVSyst, en este caso será de 22 l/año o 20 €/año.

#### 9.2.1.5 Análisis de la inversión.

Una vez conocidos todos los cobros y pagos que se producen a lo largo de la vida útil de la instalación, estimada en 25 años, y sabiendo que la ejecución del proyecto requiere una inversión de 74.959,38 € teniendo en cuenta el beneficio industrial y los gastos generales, y considerando el I.V.A., se pueden determinar los flujos de caja y a partir de ellos obtener los índices de rentabilidad.

Debemos considerar también que el proyecto puede necesitar de financiación, por ello vamos a estudiar diferentes niveles de financiación (100 – 50 – 0 %). Estos préstamos serán solicitados a una entidad financiera a un interés fijo (7,74 %) y en un plazo de amortización de 20 años.

Además, se estimará una subida del precio de la luz del 8,52 % anual y una subida del precio del diésel y mantenimientos del 5 % anual.

##### 9.2.1.5.1 V.A.N de la instalación fotovoltaica aislada con 3 días de autonomía.

V.A.N.	10 años	20 años	25 años
FINANCIACIÓN 100%	-84.487,10 €	-74.713,89 €	- 58.739,75 €
FINANCIACIÓN 50 %	-69.762,09 €	-51.856,70 €	- 35.978,68 €
SIN FINANCIACIÓN	-54.894,71 €	-28.687,46 €	- 12,809,44 €

Tabla 32 V.A.N de la inversión de la instalación fotovoltaica aislada con 3 días de autonomía.

Con estos resultados se puede concluir que la inversión del proyecto no es viable, puesto que el V.A.N. no es positivo. Esto demuestra que una vez eliminadas las subvenciones del gobierno, en caso de tener cerca una toma eléctrica es muchísimo más rentable suministrarse de la red eléctrica que montarse la instalación aislada para autoabastecerse.

#### 9.2.1.5.2 Umbral de rentabilidad.

El umbral de rentabilidad nos marca el precio al que debería estar el kWh para que nos resultara más rentable abastecernos de una instalación solar fotovoltaica aislada que tomarla de la red. Para ello el V.A.N de la instalación debe ser como mínimo del 0%.

Precio kWh	10 años	20 años	25 años
<b>FINANCIACIÓN 100%</b>	0,917326 €	0,44946 €	0,326592 €
<b>FINANCIACIÓN 50 %</b>	0,78239 €	0,356613 €	0,2569115 €
<b>SIN FINANCIACIÓN</b>	0,64732 €	0,263674 €	0,187162 €

Tabla 33 Umbral de rentabilidad instalación aislada con 3 días de autonomía.

Por tanto, el incremento sobre el precio actual del kWh (0,1486 €) supondrá:

Incremento	10 años	20 años	25 años
<b>FINANCIACIÓN 100%</b>	517 %	202 %	119 %
<b>FINANCIACIÓN 50 %</b>	426 %	140 %	73 %
<b>SIN FINANCIACIÓN</b>	335 %	77 %	26 %

Tabla 34 Incremento del precio del kWh respecto al actual.

## 9.2.2 Opción 2: Instalación aislada con 1 día de autonomía.

El coste anual que nos supone estar conectados actualmente a la red eléctrica sin contar los impuestos es de 1763 €.

### 9.2.2.1 Resumen del presupuesto.

A continuación, se muestra el resumen del presupuesto desglosado en capítulos, correspondiente al volumen de obra total del proyecto formado por un sistema de cuatro seguidores aislados de la red eléctrica. El presupuesto completo puede observarse en el anexo.

#### RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
C01	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	626,04	1,44
C02	ESTRUCTURA.....	2.187,40	5,04
C03	EQUIPOS.....	25.983,44	59,83
C04	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	4.945,51	11,39
C05	CASETA BATERÍAS.....	6.643,27	15,30
C06	URBANIZACIÓN.....	1.681,90	3,87
C07	SEGURIDAD Y SALUD.....	1.302,92	3,00
C08	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	60,98	0,14
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		43.431,46	
	13,00% Gastos generales.....	5.646,09	
	6,00% Beneficio industrial.....	2.606,89	
	SUMA DE G.G. y B.I.	8.251,98	
	21,00% I.V.A.....	10.853,52	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		62.536,96	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		62.536,96	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de SESENTA Y DOS MIL QUINIENTOS TREINTA Y SEIS EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS

, a 20 de agosto de 2014.

LA PROPIEDAD

LA DIRECCION FACULTATIVA

#### Ilustración 28 Resumen del presupuesto de una instalación aislada con 1 día de autonomía.

### 9.2.2.2 Cobros ordinarios

A la hora de realizar el estudio económico se ha considerado el coste energético de la explotación como cobros ordinarios puesto que es dinero que deberíamos pagar en caso de estar conectados a la red. El coste anual asciende a la cifra de 1.763,63 €, que con el 21% de I.V.A. nos asciende a un total de 2.134 €.

### 9.2.2.3 Subvenciones y ayudas.

Como se ha explicado anteriormente no existen en la actualidad ningún tipo de ayudas o subvenciones por lo que no se considerará ningún aporte proveniente de la administración.

### 9.2.2.4 Pagos ordinarios.

Como se ha visto en la opción 1, los pagos ordinarios serán los mismos que en esa opción, solo modificándose los consumos de combustible para momentos puntuales calculados a través de PVSyst.

### 9.2.2.5 Análisis de la inversión.

Una vez conocidos todos los cobros y pagos que se producen a lo largo de la vida útil de la instalación, estimada en 25 años, y sabiendo que la ejecución del proyecto requiere una inversión de 62.536 € teniendo en cuenta el beneficio industrial y los gastos generales, y considerando el I.V.A., se pueden determinar los flujos de caja y a partir de ellos obtener los índices de rentabilidad.

Debemos considerar también que el proyecto puede necesitar de financiación, por ello vamos a estudiar diferentes niveles de financiación (100 – 50 – 0 %). Estos préstamos serán solicitados a una entidad financiera a un interés fijo (7,74 %) y en un plazo de amortización de 20 años.

Además, estimaremos una subida del precio de la luz del 8,52 % anual y una subida del precio del diésel y mantenimientos del 5 % anual.

#### 9.2.2.5.1 V.A.N de la instalación fotovoltaica aislada con 1 días de autonomía

V.A.N.	10 años	20 años	25 años
FINANCIACIÓN 100%	-68.126,47 €	-56.546,67 €	- 41.032,45 €
FINANCIACIÓN 50 %	-55.728,40 €	-37225,59 €	- 21.711,37 €
SIN FINANCIACIÓN	-43.330,34 €	-17.304,50 €	- 2.390,29 €

Tabla 35 V.A.N. de la instalación aislada con 1 día de autonomía.

Con estos resultados se puede concluir que la inversión del proyecto no es viable, puesto que el V.A.N. no es positivo. Esto demuestra que una vez eliminadas las subvenciones del gobierno,

en caso de tener cerca una toma eléctrica es muchísimo más rentable suministrarse de la red eléctrica que montarse la instalación aislada para autoabastecerse.

#### 9.2.2.5.2 Umbral de rentabilidad.

El umbral de rentabilidad nos marca el precio al que debería estar el kWh para que nos resultara más rentable abastecernos de una instalación solar fotovoltaica aislada que tomarla de la red. Para ello el V.A.N de la instalación debe ser como mínimo del 0%.

Precio kWh	10 años	20 años	25 años
<b>FINANCIACIÓN 100%</b>	0,76752 €	0,375425 €	0,272124 €
<b>FINANCIACIÓN 50 %</b>	0,65492 €	0,297945 €	0,213976 €
<b>SIN FINANCIACIÓN</b>	0,54225 €	0,22042 €	0,15579 €

Tabla 36 Umbral de rentabilidad instalación aislada con 3 días de autonomía.

Por tanto, el incremento sobre el precio actual del kWh (0,1486 €) supondrá:

Incremento	10 años	20 años	25 años
<b>FINANCIACIÓN 100%</b>	416 %	152 %	83,13 %
<b>FINANCIACIÓN 50 %</b>	340 %	100 %	44 %
<b>SIN FINANCIACIÓN</b>	264 %	48 %	4,83 %

Tabla 37 Incremento del precio del kWh respecto al actual.

### 9.2.3 Opción 3: Instalación conectada a red.

El coste anual que nos supone estar conectados actualmente a la red eléctrica sin contar los impuestos es de 1763 €.

#### 9.2.3.1 Resumen del presupuesto.

A continuación, se muestra el resumen del presupuesto desglosado en capítulos, correspondiente al volumen de obra total del proyecto formado por un sistema de cuatro seguidores aislados de la red eléctrica. El presupuesto completo puede observarse en el anexo.

##### RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
C01	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	626,04	2,45
C02	ESTRUCTURA.....	2.187,40	8,58
C03	EQUIPOS.....	12.418,42	48,69
C04	INTALACIÓN ELÉCTRICA.....	2.708,15	10,62
C05	CASETA BATERÍAS.....	4.518,31	17,72
C06	URBANIZACIÓN.....	1.681,90	6,59
C07	SEGURIDAD Y SALUD.....	1.302,92	5,11
C08	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	60,98	0,24
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		25.504,12	
	13,00% Gastos generales.....	3.315,54	
	6,00% Beneficio industrial.....	1.530,25	
SUMA DE G.G. y B.I.		4.845,79	
	21,00% I.V.A.....	6.373,48	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		36.723,39	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		36.723,39	

#### 9.2.3.2 Subvenciones y ayudas.

En estos momentos, las instalaciones fotovoltaicas están reguladas por el Real Decreto-ley 1/2012 de 27 de enero, por el cual se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la suspensión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energías renovables y residuos.

Por ello en la actualidad, el precio de venta de la energía suele estar asociado al valor del "pool" eléctrico durante el vertido de la electricidad.

Este precio del "pool" se fija en base a la última tecnología de generación eléctrica necesaria en entrar al sistema para poder hacer frente a la demanda energética existente.

Como vimos anteriormente, el precio del "pool" eléctrico varía diariamente y mensualmente según varios condicionantes como la disponibilidad de energía más barata como las



provenientes de fuentes renovables, la estimación de la demanda eléctrica, el precio de los combustibles fósiles....

Por ello para nuestro análisis se utilizará un precio de "pool" medio anual de **0,05 €/kWh**.

#### 9.2.3.3 Cobros ordinarios

A la hora de realizar el estudio económico se considera la retribución por cada kWh producido, que en nuestro caso a durante todo el año es de 16.136 kWh, a un precio de 0,05 €/kWh. Por tanto, los emolumentos anuales serán de:

Producción anual (kWh/año)	Precio kWh (€/kWh)	Total (€/año)
16.136	0,05	806,8

Tabla 38 Retribución por kWh.

Por tanto, el total de cobros ordinarios asciende a **806.8 €/año**.

#### 9.2.3.4 Pagos ordinarios.

Los pagos ordinarios serán las tareas de mantenimiento regular e inspecciones habituales en este tipo de instalaciones y las reparaciones que fuesen necesarias realizar, así como el combustible consumido en caso de descarga de las baterías o de posibles averías.

Se considera un pago ordinario relativo a las operaciones de vigilancia y mantenimiento de 100 €/año.

La revisión anual de los equipos de extinción de incendios también se considera un pago ordinario, que asciende a 48,9 €/año.

#### 9.2.3.5 Análisis de la inversión.

Una vez conocidos todos los cobros y pagos que se producen a lo largo de la vida útil de la instalación, estimada en 25 años, y sabiendo que la ejecución del proyecto requiere una inversión de 36.723,39 € teniendo en cuenta el beneficio industrial y los gastos generales, y considerando el I.V.A., se pueden determinar los flujos de caja y a partir de ellos obtener los índices de rentabilidad.

Se debe considerar también que el proyecto puede necesitar de financiación, por ello vamos a estudiar diferentes niveles de financiación (100 – 50 – 0 %). Estos préstamos serán solicitados a una entidad financiera a un interés fijo (7,74 %) y en un plazo de amortización de 20 años.

Además, estimaré una subida del precio de la luz del 8,52 % anual. En cuanto al precio del "pool" estimaré que sufrirá a su vez un incremento del 4 % anual acorde a la subida de la factura de la luz y su participación en la asignación del precio en dicha factura. Además de una subida del precio del mantenimiento del 5 % anual.

#### 9.2.3.5.1 V.A.N de la instalación fotovoltaica conectada a red.

V.A.N.	10 años	20 años	25 años
<b>FINANCIACIÓN 100%</b>	-45.633,182 €	-49.205,22 €	-47.271,6721 €
<b>FINANCIACIÓN 50 %</b>	-38.353,09 €	-37.859,97 €	-35.926,42 €
<b>SIN FINANCIACIÓN</b>	-31.073,01 €	-26.514,73 €	-24.581,18 €

Tabla 39 V.A.N. de la instalación aislada con 1 día de autonomía.

Con estos resultados se puede concluir que la inversión del proyecto no es viable, puesto que el V.A.N. no es positivo. Esto demuestra que una vez eliminadas las subvenciones del gobierno, en caso de tener cerca una toma eléctrica es muchísimo más rentable suministrarse de la red eléctrica que montarse la instalación aislada para autoabastecerse.

#### 9.2.3.5.2 Umbral de rentabilidad

El umbral de rentabilidad nos marca el precio al que debería estar el kWh para que nos resultara más rentable abastecernos de una instalación solar fotovoltaica aislada que tomarla de la red. Para ello el V.A.N de la instalación debe ser como mínimo del 0%.

Precio kWh	10 años	20 años	25 años
<b>FINANCIACIÓN 100%</b>	0,376112 €	0,2425145 €	0,204651 €
<b>FINANCIACIÓN 50 %</b>	0,324086 €	0,1981265 €	0,1675342 €
<b>SIN FINANCIACIÓN</b>	0,27206 €	0,153738 €	0,130418 €

Tabla 40 Umbral de rentabilidad instalación aislada con 3 días de autonomía.

Por tanto, el incremento sobre el precio actual del kWh "pool" (0,05 €) supondrá:

Incremento	10 años	20 años	25 años
<b>FINANCIACIÓN 100%</b>	752 %	485 %	409 %
<b>FINANCIACIÓN 50 %</b>	648 %	396 %	335 %
<b>SIN FINANCIACIÓN</b>	544 %	307 %	261 %

Tabla 41 Incremento del precio del kWh respecto al actual.



Escuela Politécnica  
Superior - Huesca  
Universidad Zaragoza

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y DE BIOMASA EN UNA  
EXPLOTACIÓN DE CERDAS REPRODUCTORAS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE TORRES DE  
ALCANDRE (HUESCA)

---

## 10. Conclusiones

## 10.1 Conclusiones instalación biomasa

Como se observa en las tablas anteriores, el ahorro de combustible con una nueva caldera de GLP estaría sobre los 5008,1 €/año, mientras que utilizando una caldera de pellets este ahorro sería inicialmente menor, hasta los 1298,75 €/año. Se debe tener en cuenta que, en el caso de caldera de la biomasa el ahorro no se produce solamente por la mejora de la eficiencia de la caldera sino también por el descenso del precio del combustible. Por lo tanto, ante cualquier subida del precio del GLP, la diferencia del ahorro obtenido a través del uso de la caldera de la biomasa será mayor.

En cuanto a la inversión, la caldera de GLP es más económica que la de biomasa, y es por ese motivo por el que la amortización sin financiación de la primera se produce en un periodo de tiempo más reducido (0,60 años) frente al tiempo de amortización de la caldera de biomasa antes de subvenciones (4 años), en el cual ya está añadido el silo de almacenamiento de pellet que provoca el aumento significativo del tiempo de retorno, y que en el caso del GLP no necesitamos adquirir ya que se puede reutilizar el existente en la explotación.

No obstante, gracias a las subvenciones existentes en lo referido a la instalación de calderas de biomasa (40 % de la inversión), el periodo de amortización disminuye hasta 3,68 años. Ante la posibilidad de instalación de una nueva caldera de GLP o de biomasa, el periodo de amortización representa un factor significativo que decante la balanza hacia la elección de una u otra.

En cuanto al precio del combustible, será un factor fundamental ya que la estabilidad del precio del pellet como ya hemos visto antes, es mucho mayor a la del precio del GLP, el cual ha ido aumentando paulatinamente a lo largo de los últimos años mientras que el pellet de madera ha sufrido un estancamiento del precio a lo largo de los últimos años.

Además, si se toma un periodo de referencia de la caldera de biomasa de 10 años, observamos (Tabla 34) que el ahorro total es ligeramente superior en el caso de la caldera de biomasa con respecto a la de GLP al final de dicho periodo.

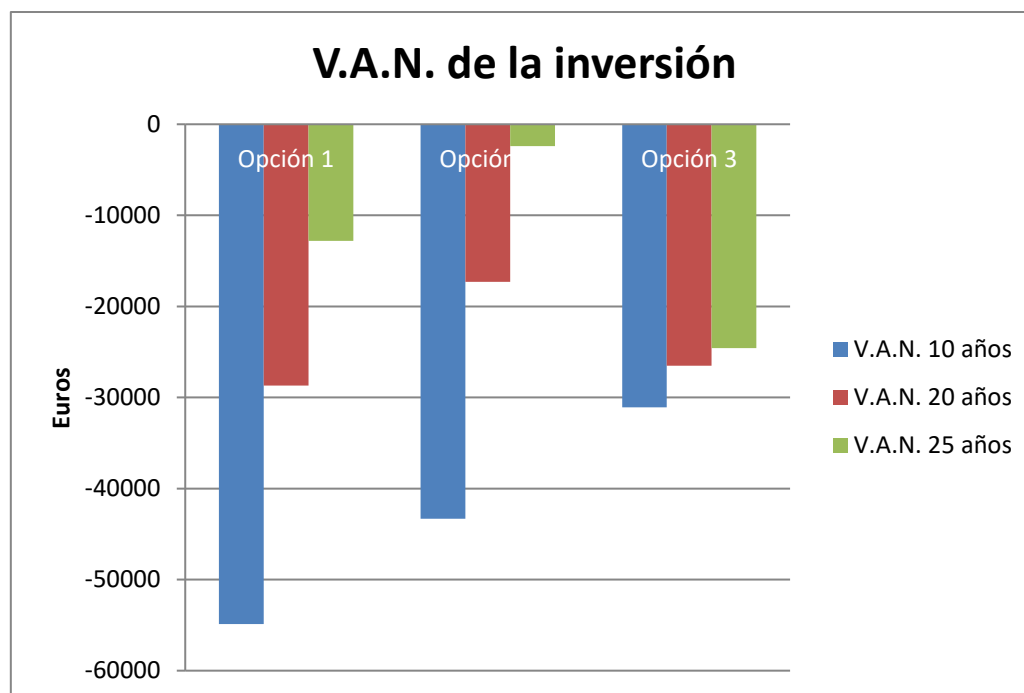
Por tanto, cualquiera de las dos instalaciones será rentable respecto a la actual. Sin embargo, decidiremos instalar la caldera de biomasa ya que su periodo de amortización (3,68 años), aunque mayor que el de la caldera de GLP eficiente (0,6 años), se encuentra dentro del rango de 10 años que teníamos prefijado como máximo. Esta elección nos permitirá evitar las subidas extra que pudieran originarse a lo largo de la vida de la instalación en el precio del GLP y utilizar material combustible de la zona u otros diferentes (cascara de almendra, hueso de aceituna...), cuyo precio pudiera ser inferior al del pellet, gracias a la plasticidad de la caldera en cuanto a diversidad de uso de combustibles.

## 10.2 Conclusiones instalación fotovoltaica.

El principal objetivo del estudio es reducir factura eléctrica de la explotación. Para ello me he centrado en las energías renovables por ser unas energías limpias, seguras e inagotables, y entre ellas en la energía solar fotovoltaica por su gran flexibilidad y adaptabilidad a las necesidades del usuario final.

Dentro de la energía solar fotovoltaica, y como se ha expuesto a lo largo del presente proyecto, existen diversos tipos de instalaciones. Se ha elegido comparar la rentabilidad de dos instalaciones aisladas de la red eléctrica y una conectada a ella, dimensionadas en función de las necesidades energéticas de la explotación. Esto se ha llevado a cabo con el fin de valorar la rentabilidad de los distintos tipos de instalaciones que hoy en día se encuentran disponibles en el mercado y la repercusión que la eliminación de ayudas y subvenciones supondrá para este tipo de instalaciones en un futuro próximo.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos. La opción 1 está formada por 40 paneles fotovoltaicos para 3 días de autonomía aislados de la red eléctrica, la opción 2 está formada por 40 paneles fotovoltaicos para 1 días de autonomía aislados de la red eléctrica, y la tercera alternativa consta de 40 paneles fotovoltaicos conectados a la red eléctrica.

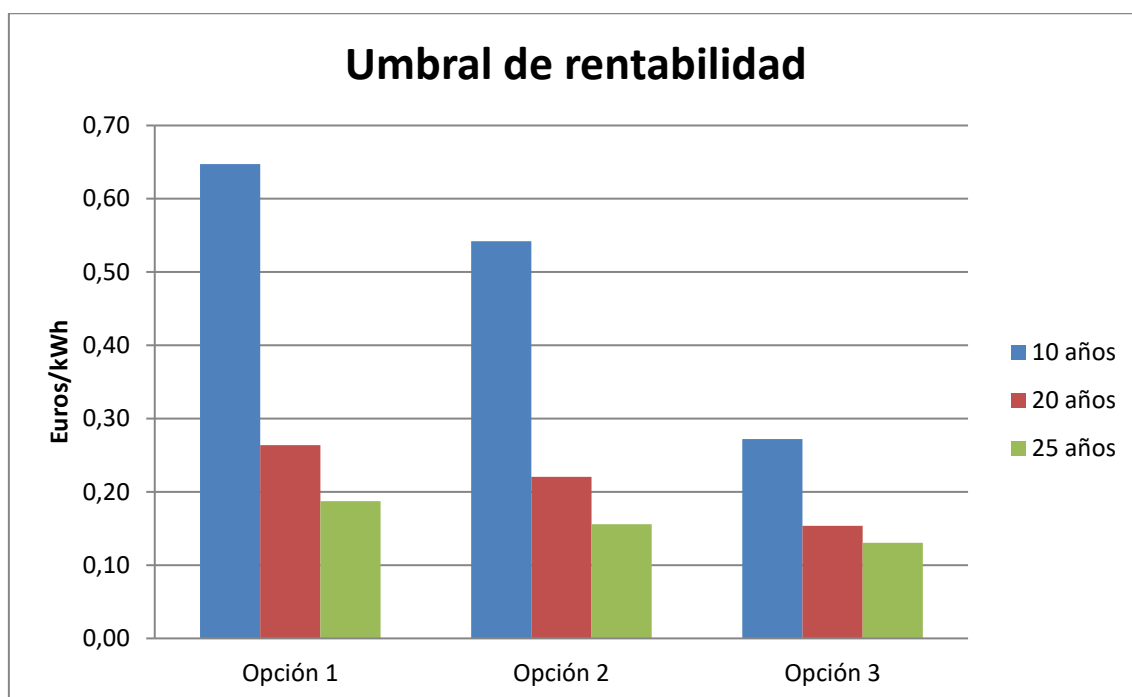


Gráfica 14 Comparación del V.A.N con las diferentes opciones de instalación.

Como se observa, la mayor rentabilidad se obtiene suministrando la energía eléctrica directamente de la red sin usar placas solares, debido a la falta de ayudas y al bajo coste del

kWh en España. Con la retribución actual por kWh inyectado ("pool") a la red eléctrica tampoco resulta rentable el uso de los terrenos anexos a la granja para montar una central fotovoltaica de pequeñas dimensiones. Sin las ayudas que el gobierno daba hasta hace poco, las cuales han sido suprimidas a causa de la crisis financiera mundial, no resulta viable una inversión de estas características por su elevado coste y su bajo rendimiento.

En las siguientes gráficas se muestra el umbral de rentabilidad de las instalaciones, es decir, el precio por kWh (opción 1 y 2) al que debería estar la tarifa eléctrica y la retribución por kWh inyectado a la red (opción 3) para que resultaran viables (V.A.N. = 0 €).



Gráfica 15 Umbral de rentabilidad de la instalación.

Por tanto, en el supuesto caso de que no se concedieran subvenciones, o no se incrementara la retribución por kWh inyectado a la red eléctrica, la mejor opción dada nuestra situación y el terreno disponible sería:

- En caso de ser una inversión a largo plazo (20-25 años), se elegiría el sistema aislado con 1 día de autonomía, puesto que el umbral de rentabilidad (0,22-0,16 €/kWh) en comparación con el precio actual del kWh (0,148 €/kWh) está muy próximo; y podría ser alcanzado, teniendo en cuenta un aumento del precio de la electricidad del 8,52%, en 2 y 6 años respectivamente.

- En caso de ser una inversión a corto plazo (10 años), se elegiría el sistema con inyección a red principalmente por su menor inversión inicial, ya que ésta es casi la mitad de la requerida en las opciones 1 y 2, por su bajo coste de mantenimiento; y no por su mayor viabilidad y rendimiento, ya que en todos los casos resulta inviable económicamente amortizar la instalación.