

Análisis comparativo de la eficiencia energética en calderas para viviendas

*Noelia Olmedo Torre, Oscar Farrerons Vidal,
Andrés Prieto Urbano*



Barcelona, septiembre 2015

Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona.
Consorci Escola Industrial de Barcelona.
C/ Comte d'Urgell 187. BARCELONA 08036.
Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona TECH.
Departament Expressió Gràfica a l'Enginyeria
Teléfono [+34] 93 413 73 76, Fax [+34] 93 413 74 01
olmedo@ege.upc.edu



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

Sumario

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 OBJETIVO	3
1.2 ORIGEN DE LOS DATOS	3
1.3 NATURALEZA DE LOS DATOS	3
1.4 OBTENCIÓN DE DATOS	4
2. EXIGENCIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	5
2.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN COMBUSTIBLE	5
2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS GENERADORES TÉRMICOS	6
2.2.2 <i>Caldera mural de gas</i>	6
2.2.3 <i>Caldera mural de gas de condensación</i>	6
2.2.4 <i>Caldera de Gasóleo C</i>	7
2.2.5 <i>Aerotermia - Bomba de calor Daikin Altherma</i>	7
3. SIMULACIÓN DE LAS CALDERAS	9
3.1 CALDERA MURAL DE GAS	9
3.2 CALDERA MURAL DE GAS DE CONDENSACIÓN	11
3.3 GRUPO TÉRMICO DE GASÓLEO C	13
3.4 BOMBA DE CALOR	15
4. ANÁLISIS DE DATOS	17
4.1 COMPARATIVA DEL PRECIO DE LA ENERGÍA	17
4.2 COMPARATIVA EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL COMBUSTIBLE	18
4.3 EVOLUCIÓN GASTO COMBUSTIBLE	20
4.4 PRECIO DE LAS INSTALACIONES	21
5. CONCLUSIONES	22
6. NORMAS Y REGLAMENTOS	23

1. Introducción

1.1 Objetivo

Este estudio se basa en definir las necesidades térmicas de una instalación de una caldera en una vivienda. Mediante los precios de consumo entre los combustibles y su poder energético, se consigue escoger el generador térmico que menos consuma, tanto energética como económicamente. Para ello se realiza un estudio del gasto económico, de instalación, de mantenimiento y combustible durante 15 años.

1.2 Origen de los datos

La vivienda tiene una necesidad de 15.2 kW de calefacción. El periodo de tiempo está comprendido entre el 1 de octubre y el 28 de febrero. El rendimiento de cada generador térmico ha sido fijado según información del fabricante. Los precios de gas y electricidad han sido obtenidos mediante revisiones de facturas de las compañías suministradoras, y el precio del Gasóleo C ha sido consultado en una compañía local suministradora. Se han considerado incrementos de precios anuales orientativos.

1.3 Naturaleza de los datos

Como la naturaleza de funcionamiento de los diferentes elementos a comparar varía, se ha decidido realizar el estudio sin modulación de potencia, es decir, los generadores funcionan a régimen durante todo el periodo de tiempo estudiado. Todo este estudio, o simulación, se basa en la presunción de que la temperatura de diseño (20°C) de las diferentes estancias de la vivienda se mantiene constante las 24 horas del día a lo largo del periodo de tiempo fijado. En condiciones reales, que el punto de temperatura de las habitaciones sea mayor que el de las condiciones de diseño incrementará la demanda calorífica así como su consumo. De la misma forma, una

temperatura inferior a la de diseño (durante la noche) disminuirá el consumo energético. Por otro lado, en este estudio no se contempla el gasto energético del consumo de ACS.

1.4 Obtención de datos

Se exponen las diferentes tablas con los cálculos realizados. Se observan resultados de consumo calorífico de cada generador, según el rendimiento de cada uno de ellos. Se exponen los precios del conjunto de la instalación, del mantenimiento anual estimado. Finalmente se observa el gasto total de combustible y además la estimación del precio de la energía.

2. Exigencias de eficiencia energética

2.1 Clasificación según combustible

Para seleccionar el generador térmico de calor se valorarán los siguientes tipos de generador, clasificándolos según el tipo de energía consumida, gas, gas-oil o electricidad:

Gas:

- Caldera mural de gas
- Caldera mural de gas de condensación

Gasóleo C:

- Caldera de pie de gas-oil

Electricidad:

- Aerotermia - Bomba de calor Daikin Altherma

La selección final del generador de calor dependerá exclusivamente de su eficiencia, ahorrando así costes de combustibles y de mantenimiento a largo plazo.

2.2 Descripción de los generadores térmicos

La potencia que suministra la unidad de producción de calor se ajusta a la demanda máxima simultánea de las instalaciones de servicio. Según el documento científico técnico "Demanda energética en viviendas" que define las necesidades de climatización de una vivienda tipo, esta es de 18.24 kW. Para la selección de la caldera se sobredimensiona la potencia máxima en un 20%. Luego, la potencia de la caldera será de 24 kW.

Se consideran calderas estancas debido a que a partir del 1 de enero de 2010 queda prohibida la instalación en obra nueva de calderas de tipo atmosférico, ni de calderas de marcado de prestación energética de una estrella.

El tipo de instalación adoptado requiere una selección de caldera de sólo calefacción, con producción de ACS por acumulación exterior. Se instalará una válvula de tres vías con prioridad de ACS, válvula que facilita el fabricante de caldera. Para el ACS se selecciona un acumulador de 200 l de acero inoxidable y protección catódica.

2.2.2 Caldera mural de gas

Se considera la caldera mural estanca de gas de la marca BAXI ROCA, modelo LAURA 20 AF. Se trata de una caldera con servicio de calefacción y agua caliente sanitaria por acumulación. La combustión es ajena al ambiente del local donde se realiza (cámara estanca). El aire necesario se introduce directamente desde el exterior al mismo tiempo que son evacuados, por un extractor incorporado los gases producidos.

El rendimiento de combustión es de 93.4% (según directiva 92/42/CEE) y tiene un potencia tanto de calefacción como de ACS modulante de 7.000 a 20.000 kcal/h.

2.2.3 Caldera mural de gas de condensación

Para el estudio de la caldera mural de gas de condensación se ha escogido el modelo NOVANOX PLATINUM 24 AF, de la marca BAXI ROCA. La tecnología de condensación básicamente se caracteriza con la utilización de premezcla de aire-gas que permite unas mejores prestaciones y un rendimiento energético de hasta el 109,8%. Esto es debido a la recuperación del calor

latente de condensación que en las calderas tradicionales se pierde por los gases de la combustión. Adicionalmente, el elevado ratio de modulación de esta gama (hasta 1 ÷ 6) le confiere un funcionamiento más silencioso y más económico por consumir menos gas.

EL modelo AF significa sólo calefacción. Para el servicio del agua caliente instantánea se utiliza un acumulador de ACS de 200 l, de acero inoxidable y con protección catódica.

El rendimiento de la caldera aumenta considerablemente, llegando a alcanzar el 109.8% (según directiva 92/42/CEE) y es de bajo nivel de emisión de NO (clase 5).

La potencia suministrada por la caldera es modulante con un rango de uso de 4.128 a 20.640 Kcal/h.

2.2.4 Caldera de Gasóleo C

Para el estudio de la caldera de pie de Gasóleo C se ha escogido el modelo LIDIA 20 GT, de la marca BAXI ROCA. Esta instalación se realiza junto a un depósito de gasóleo de 1.500 litros de doble tanque, de la marca SCHUTZ. También se debe realizar una instalación de salida de humos con chimenea de doble pared de acero inoxidable. Se trata de un Grupo Térmico con funcionamiento totalmente automático.

El cuerpo de caldera está constituido por 2 elementos de hierro fundido, con cámara de combustión de tres pasos de humos que maximiza el intercambio de calor y reduce las emisiones. El quemador es de dos potencias.

Es una caldera de elevado rendimiento y baja temperatura, según la Directiva de Rendimientos 92/42/CEE. El rendimiento máximo del Grupo Térmico LIDIA 20 GT alcanza el 90.6 % con el 100 % de carga útil.

2.2.5 Aerotermia - Bomba de calor Daikin Altherma

En este estudio se contempla el uso de la bomba de calor para producir calefacción a baja temperatura, ACS y aire acondicionado. Las bombas de calor son también una interesante alternativa a las calefacciones tradicionales de gas o gasóleo, dado que ofrecen ventajas muy interesantes:

- Permiten ahorrar una cantidad significativa de energía.
- Contribuyen a reducir las emisiones de CO₂.
- Proporcionan calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.
- Tienen un alto rendimiento energético.

El sistema se basa en un circuito cerrado por el que circula refrigerante y en el que se crea un ciclo termodinámico por medio de procesos de evaporación, condensación, compresión y expansión. Una bomba de calor "bombea" el calor para que alcance un nivel de temperatura elevado. Finalmente, la energía calorífica generada se transfiere al sistema de distribución de agua (calefacción por suelo radiante, en nuestro caso) del hogar a través de un intercambiador de calor.

El conjunto de la instalación se basa en la unidad exterior, el hidrokít o unidad interior y el acumulador de ACS. La unidad exterior se instala en el exterior de la vivienda y su función es captar la energía del aire exterior. El hidrokít es la unidad interior. En el hidrokít se obtiene la energía calorífica y mediante una regulación se transmite a las instalaciones interiores. En caso que el sistema no llegara a satisfacer las necesidades, se activa una resistencia eléctrica de apoyo que garantizara las prestaciones.

La regulación se encarga de accionar uno de los 2 circuitos disponibles, climatización y ACS, mediante una válvula de 3 vías. La temperatura de impulsión para la calefacción de la vivienda viene dada por la lectura de los termostatos instalados en la vivienda. Para el ACS, se leerá la temperatura facilitada por la sonda del acumulador.

3. Simulación de las calderas

3.1 Caldera mural de gas

PERÍODO

Del 1 octubre al 28 de febrero

DATOS CONSUMO

Superficie total	202	m ²
Potencia	15,2	kw
Tiempo de funcionamiento	151	días
Horas de funcionamiento	3624	h/año
Consumo anual	55084,8	kwh/año
	198305280	kJ/año

GAS NATURAL

PCI GN	39900	kJ/kg
Precio Gas Natural	0,039	euros/kwh

CALDERA BAXI ROCA LAURA 20 AF

Rendimiento generador	0,934	%
Potencia calorífica consumida	58977,302	kwh/año

INVERSIÓN

Caldera	1397	€
Instalación	600	€
Total inversión	1997	€

MANTENIMIENTO ANUAL

Mantenimiento	100	€
Cuota fija anual Gas Natural	60	€
Total mantenimiento	160	€

CONSUMO

Consumo Gas Natural	5321,260	Kg GN
----------------------------	-----------------	--------------

COSTE COMBUSTIBLE	2295,279	€/año
--------------------------	-----------------	--------------

PRECIO ENERGÍA	0,039	€/kwh
-----------------------	--------------	--------------

3.2 Caldera mural de gas de condensación

PERÍODO

Del 1 octubre al 28 de febrero

DATOS CONSUMO

Superficie total	202	m ²
Potencia	15,2	kw
Días de funcionamiento	151	días
Horas de funcionamiento	3624	h/año
Consumo anual	55084,8	kwh/año
	198305280	kJ/año

GAS NATURAL

PCI GN	39900	kJ/kg
Precio Gas Natural	0,039	euros/kwh

CALDERA BAXI ROCA NOVANOX PLATINUM 24/24 F

Rendimiento generador	1,098	%
Potencia calorífica consumida	50168,306	kwh/año

INVERSIÓN

Caldera	1730	€
Instalación	600	€
Total inversión	2330	€

MANTENIMIENTO ANUAL

Mantenimiento	90	€
Cuota fija anual GN	60	€
Total mantenimiento	150	€

CONSUMO

Consumo Gas Natural	4526,464	Kg GN
----------------------------	-----------------	--------------

COSTE COMBUSTIBLE	1952,450	€/año
--------------------------	-----------------	--------------

PRECIO ENERGÍA	0,039	€/kwh
-----------------------	--------------	--------------

3.3 Grupo térmico de gasóleo C

PERÍODO

Del 1 octubre al 28 de febrero

DATOS CONSUMO

Superficie total	202	m ²
Potencia	15,2	kw
Días de funcionamiento	151	días
Horas de funcionamiento	3624	h/año
Consumo anual	55084,8	kwh/año
	198305280	kJ/año

GASÓLEO C

PCI GASÓLEO C	34876,88	kJ/litro
	9,69	kwh/litro
Precio Gasóleo C	0,575	€/litro
Densidad gasóleo C	0,825	Kg/litro

CALDERA BAXI ROCA LIDIA 20 GT

Rendimiento generador	0,906	%
Potencia calorífica consumida	60800	kwh/año
	218880000	kJ/año

INVERSIÓN

Caldera	1345	€
Instalación	1800	€

Total inversión	3145	€
MANTENIMIENTO ANUAL		
Mantenimiento	120	€
Total mantenimiento	120	€
CONSUMO		
Consumo Gasóleo C	6926,921	litros Gasoil
COSTE COMBUSTIBLE	3982,980	€/año
PRECIO ENERGÍA	0,072	€/kwh

3.4 Bomba de calor

PERÍODO

Del 1 octubre al 28 de febrero

DATOS CONSUMO

Superficie total	202	m ²
Potencia	15,2	kw
Días de funcionamiento	151	días
Horas de funcionamiento	1812	h/año
Consumo anual	27542,4	kwh/año
	99152640	kJ/año

GAS NATURAL

Precio electricidad	0,114	euros/kwh
---------------------	-------	-----------

DAIKIN ALTHERMA

Rendimiento generador	3,9	%
Potencia calorífica proporcionada	16169	
Potencia calorífica consumida	7062,154	kwh/año

INVERSIÓN

Bomba de calor	7639	€
Instalación	400	€
Total inversión	8039	€

MANTENIMIENTO ANUAL

Mantenimiento	70	€
Total mantenimiento	70	€

CONSUMO

Consumo electricidad	807,557	kwh/año *
-----------------------------	----------------	------------------

COSTE COMBUSTIBLE	807,557	€/año *
--------------------------	----------------	----------------

PRECIO ENERGÍA	0,114	€/kwh
-----------------------	--------------	--------------

* Valores teóricos relativos al coste

* Al tratarse de una bomba de calor con sistema inverter, el consumo será más bajo, dependiendo del uso real de la máquina

4. Análisis de datos

4.1 Comparativa del precio de la energía

En cada simulación se ha calculado el precio de la energía en €/kwh. En el caso del Gas Natural, el precio de la energía es el mismo que la tarifa impuesta por la compañía suministradora. Para el gasóleo se ha realizado una estimación entre el precio de cada litro de combustible y la energía suministrada por litro. Por último, para la bomba de calor, se considera igual que en el caso del gas; el precio de la energía es el mismo que la tarifa de la compañía suministradora.

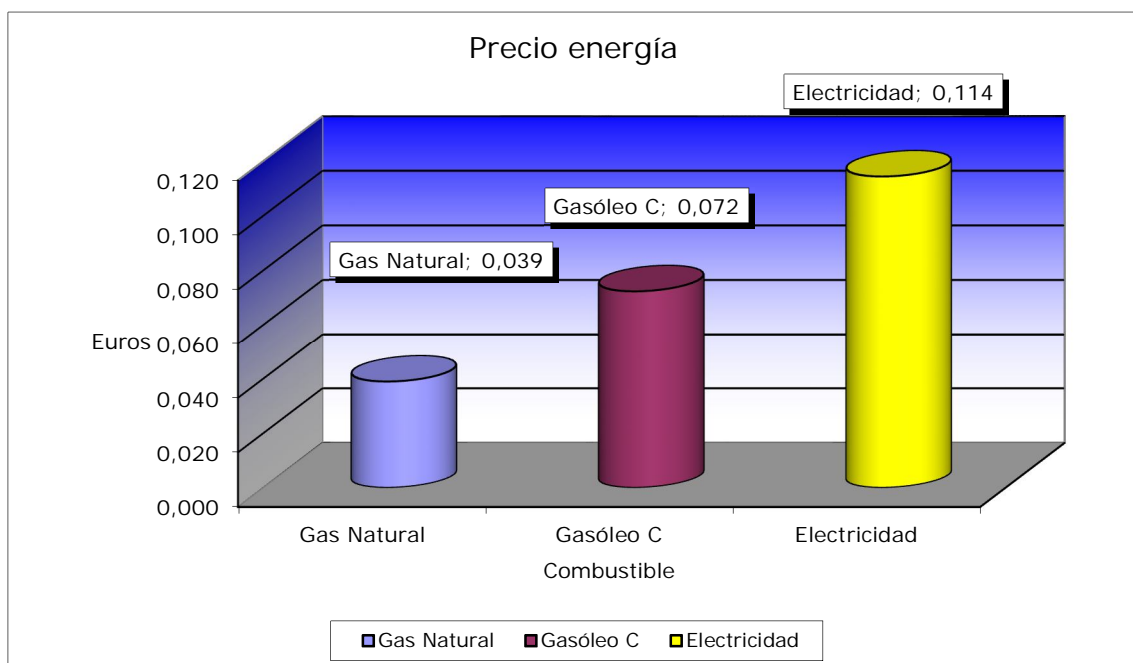


Figura 1. Precio de la energía según el combustible.

Como se puede apreciar, el gasto energético de la electricidad es considerablemente más elevado que el gasóleo y más que el gas natural. Se puede observar que en el mercado nacional resulta más económico el consumo de gas que el de gasoil y el eléctrico. En esta valoración se han tenido en cuenta los aumentos de precio de los combustibles y del gasto de mantenimiento previsto a lo largo de los 15 años estudiados. Para realizar una correcta comparación se ha optado por aplicar un incremento del 3% para el gas, un 5% para el gasóleo C y un 2% para la electricidad. Todos estos incrementos son orientativos.

4.2 Comparativa evolución del precio del combustible

Tabla 1. Comparativa de las diferentes calderas

	Caldera estanca		Caldera de condensación		Caldera de pie gasóleo C		Bomba de calor	
Tipo Combustible	Gas Natural		Gas Natural		Gasóleo C		Electricidad	
Inversión (€)	1997		2330		3145		8039	
Precio energía (€/kWh)	0,038918		0,038918		0,072306331		0,11435	
Incremento de precio anual	3%		3%		5%		2%	
	Precio energía	Coste combustible	Precio energía	Coste combustible	Precio energía	Coste combustible	Precio energía	Coste combustible
Año 1	0,039	2295,279	0,039	1952,450	0,072	3982,980	0,114	807,557
Año 2	0,040	2364,137	0,040	2011,024	0,076	4182,129	0,117	823,708
Año 3	0,041	2435,061	0,041	2071,354	0,080	4391,235	0,119	840,183
Año 4	0,043	2508,113	0,043	2133,495	0,084	4610,797	0,121	856,986
Año 5	0,044	2583,356	0,044	2197,500	0,088	4841,337	0,124	874,126
Año 6	0,045	2660,857	0,045	2263,425	0,092	5083,404	0,126	891,609
Año 7	0,046	2740,683	0,046	2331,328	0,097	5337,574	0,129	909,441
Año 8	0,048	2822,903	0,048	2401,267	0,102	5604,453	0,131	927,629
Año 9	0,049	2907,590	0,049	2473,305	0,107	5884,675	0,134	946,182
Año 10	0,051	2994,818	0,051	2547,505	0,112	6178,909	0,137	965,106
Año 11	0,052	3084,663	0,052	2623,930	0,118	6487,854	0,139	984,408
Año 12	0,054	3177,202	0,054	2702,648	0,124	6812,247	0,142	1004,096
Año 13	0,055	3272,519	0,055	2783,727	0,130	7152,859	0,145	1024,178
Año 14	0,057	3370,694	0,057	2867,239	0,136	7510,502	0,148	1044,661
Año 15	0,059	3471,815	0,059	2953,256	0,143	7886,027	0,151	1065,555

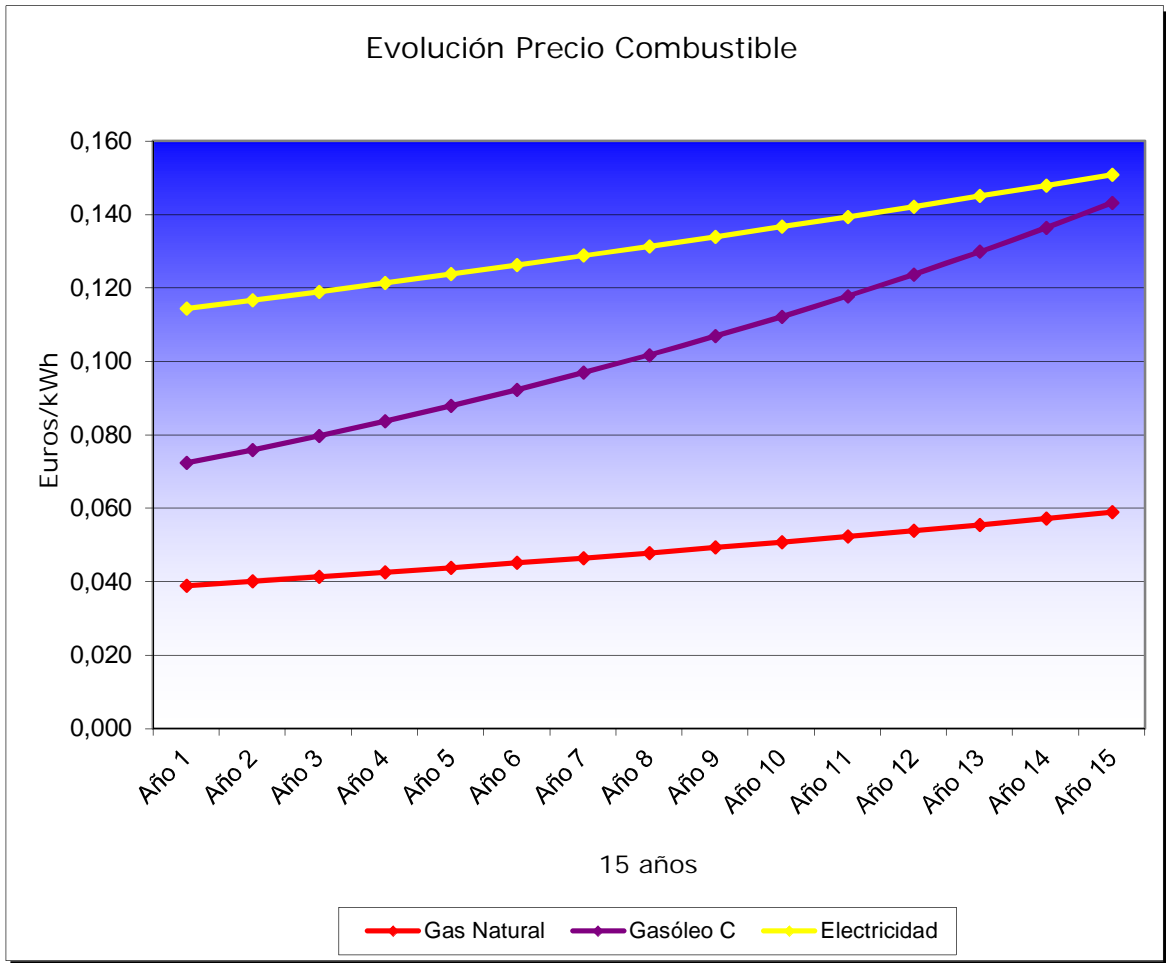


Figura 2. Evolución del precio de diferentes combustibles.

Como se puede ver en la Figura 2, el precio de la energía más económica es el Gas Natural y su incremento es aceptable. En todo caso, el precio de la energía del gasóleo C es el que más sube, siguiendo una tendencia que podría superar al precio de la electricidad.

4.3 Evolución gasto combustible

En la Figura 3 se puede apreciar el gasto anual acumulado del combustible consumido a lo largo de los 15 años. Para ello se utiliza el gasto del combustible del año anterior, aplicándole el precio incrementado.

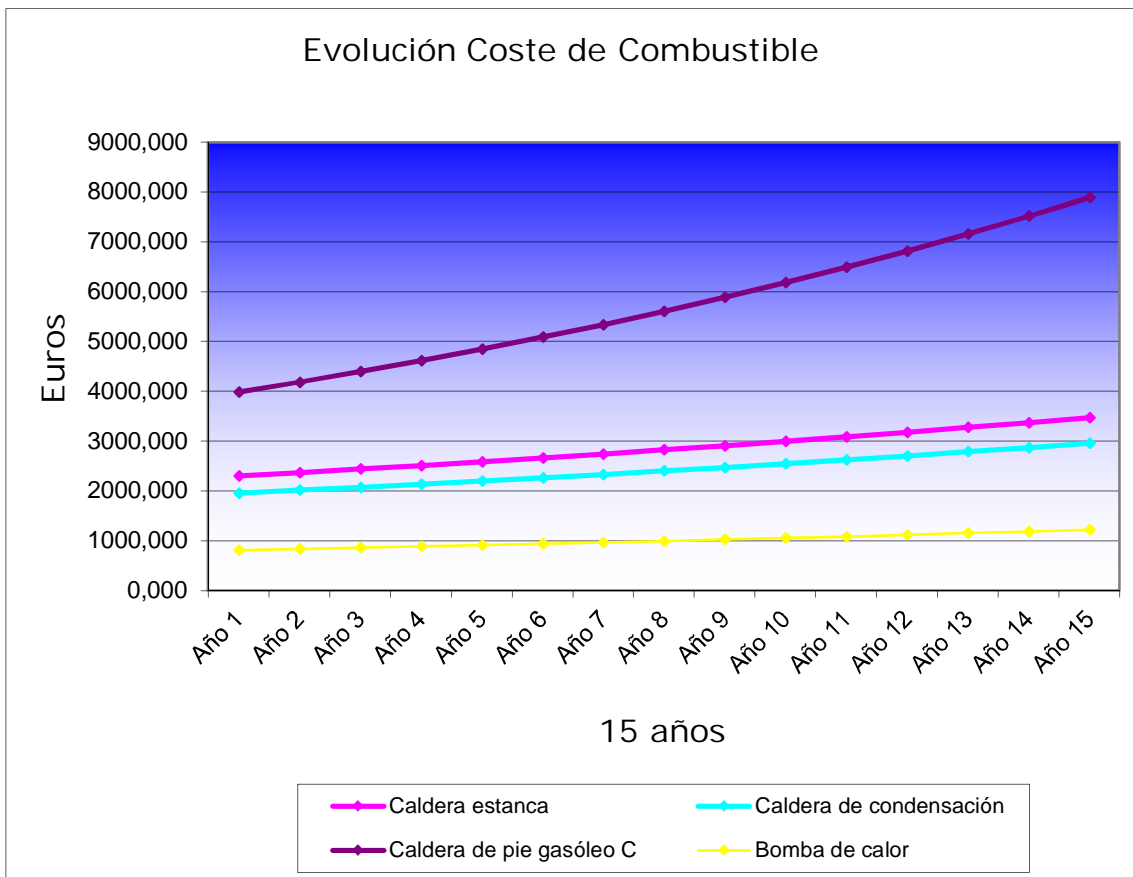


Figura 3. Evolución del coste del combustible.

Se puede comprobar que el consumo económico de combustible consumido varía considerablemente a lo largo de estos 15 años en función del tipo de instalación. En este estudio se tiene en cuenta el rendimiento de cada máquina.

En el caso de la bomba de calor, su rendimiento denominado COP es considerablemente más elevado que el de las calderas, 3,9. En el caso de la caldera estanca de gas y la de gasoil no alcanza el 100 % de eficiencia, y en el caso de la caldera de condensación el rendimiento es 109,8 %.

Esta diferencia de rendimiento provoca que la bomba de calor consuma menos energía para cubrir las necesidades térmicas de la vivienda, pese a que el precio de energía eléctrica es más elevado.

4.4 Precio de las instalaciones

En la Figura 4 se puede apreciar el coste inicial previsto para instalar cada sistema.

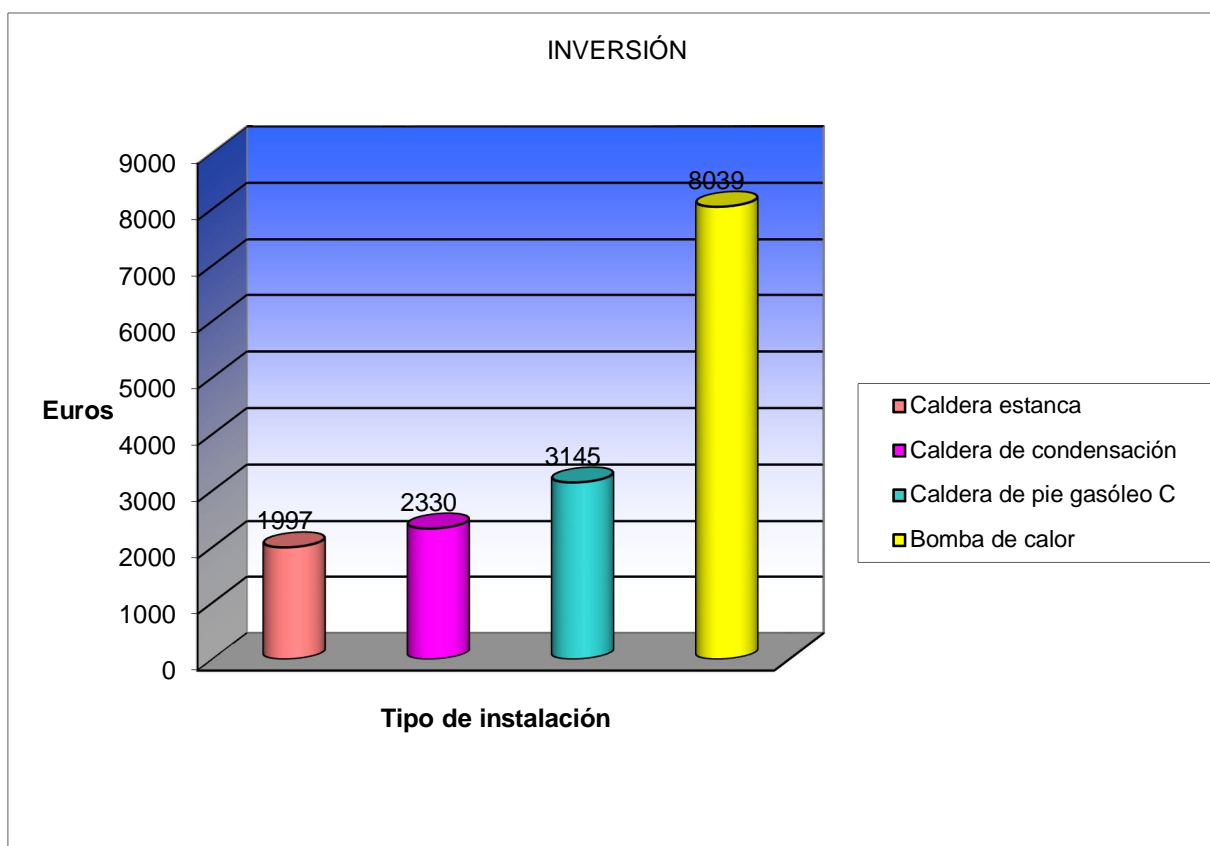


Figura 4. Inversión por tipo de instalación.

Se aprecia que el sistema de bomba de calor de Daikin Altherma tiene el precio más elevado. No obstante, es el sistema más limpio y sencillo de instalar. Su uso no emite gases contaminantes directos y no precisa instalación de salida de humos

5. Conclusiones

Pese a que el precio energético eléctrico es el más caro, el sistema de bomba de calor es el más eficiente, puesto que es el sistema que menos energía consume para funcionar y tiene el rendimiento más alto.

Con tan solo una cuota de electricidad, disponemos de toda la energía necesaria para el uso doméstico requerido. Con un sistema mediante caldera de gas se debería abonar una cuota mensual de gas y además de electricidad para otros usos. Por otro lado, el sistema de bomba de calor DAIKIN ALTHERMA puede suministrar refrigeración a la vivienda, instalando fancoils en cada estancia que se precise.

Si se instalara otro tipo de generador térmico se debería hacer una instalación paralela para refrigerar la vivienda, suponiendo esto un gasto adicional de electricidad. Después de comparar los sistemas de producción de calor más comunes del mercado, comprobando el rendimiento de cada uno, su coste energético y el gasto de combustible a 15 años, se ha optado por escoger el sistema por bomba de calor de Daikin Altherma.

El coeficiente de rendimiento (COP) de esta bomba de calor se puede atribuir, en gran medida, al principio de la tecnología Inverter. El convertidor de frecuencias integrado ajusta la velocidad de giro del compresor para adaptarla a la demanda de energía calorífica. Por este motivo, el sistema raramente funciona a plena capacidad y el consumo de la energía eléctrica se reduce considerablemente.

Además, una solución monoenergética ofrece un mejor equilibrio entre inversión inicial y gastos derivados del consumo de energía. En este caso, la bomba de calor proporciona la mayor parte de la energía calorífica pero, en temporadas de frío, deja parte del trabajo a un calentador eléctrico de reserva. El calentador de reserva sólo se utiliza cuando la temperatura cae por debajo del punto de equilibrio.

6. Normas y reglamentos

Decret 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis. Catalunya: Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, 2006.

Documento Básico HS Salubridad. España: Ministerio de Vivienda, 2006.

Documento Básico HE Ahorro de energía. España: Ministerio de Vivienda, 2006.

Ley de Protección del Ambiente Atmosférico. (LPAA). España: Boletín Oficial del Estado, 1972.

Llei 6/1993, de 15 de juliol, reguladora dels residus. Catalunya: Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, 1993.

Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. (RITE). España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1998.

Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (OSHT). España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1071.

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. (REBT). España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2002.

UNE-EN 12975-1: Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.

UNE-EN 12975-2: Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo.

UNE-EN 12976-1: Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.

UNE-EN 12976-2: Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo.

UNE-EN 12977-1: Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares a medida. Parte 1: Requisitos generales.

UNE 100-001-85 Condiciones exteriores según los valores climáticos anuales”

UNE EN 442 Emisiones de radiadores y convectores

UNE 100153: 1988 IN. Climatización. Soportes antivibratorios. Criterios de selección.

UNE-EN 12207 Ventanas y puertas - Permeabilidad al aire - Clasificación