



Universitat de Lleida
Edifici CREA
C/ Pere de Cabrera s/n
25001 Lleida (Spain)
Tel. +34 973 003577
Fax. +34 973 003575

GREA – Informe final
Estudio de rendimiento de los
radiadores eléctricos **Technofont**
Fesa Calefacción
24 de abril de 2008

Realizado por:
Dr. Miquel Nogués
✉ mnogues@diei.udl.cat

Con la colaboración de:
Dra. Luisa F. Cabeza
Dr. Marc Medrano
Jordi Pijuan



OBSERVACIÓN: Para facilitar la comprensión del informe, todos los textos que aparecen con letra azul y en recuadro verde, son observaciones, reseñas, conclusiones ó resumen por cuenta de Technofont.

1. Relación de ensayos a realizar

Para el estudio del comportamiento de los radiadores eléctricos se procederá a la realización de tres tipos de ensayos: régimen transitorio, régimen estacionario a máxima potencia y funcionamiento continuo durante 24 horas y comparativa con una instalación a gas.

- a) Régimen transitorio. En este tipo de ensayos se analizarán la evolución de las temperaturas desde el momento inicial de la conexión del radiador hasta que alcance el régimen estacionario. Los radiadores considerados en esta experimentación son el modelo 1200 W de Technofont y el modelo **Referencia** de otro fabricante considerado una de las primeras marcas del mercado, con una potencia nominal de 990W, ambos radiadores disponen de nueve elementos. Por otra parte, y a nivel informativo, también se incluirá la temperatura del fluido y la de la aleta de aluminio en la parte superior e inferior.
- b) Régimen estacionario. Con la ayuda de una cámara termográfica, se analizará el mapa de temperaturas del conjunto del radiador operando en condiciones nominales, con el fin de detectar diferencias de operación entre los diferentes elementos que conforman el emisor.

Los radiadores considerados en esta experimentación son el modelo 1200 W de Technofont y el modelo **Referencia** de otro fabricante considerado una de las primeras marcas del mercado.

- c) Funcionamiento continuo. En este punto se trata de analizar el comportamiento de los radiadores en un funcionamiento continuado durante 24 horas para diferentes valores de consigna. Para ello, se analizará la variación del consumo energético a lo largo del tiempo junto con la temperatura atmosférica exterior del habitáculo. Otro parámetro que se analizará será la temperatura interior del habitáculo y su fluctuación en el tiempo.
En este caso, el radiador a analizar es el modelo 1200 W de Technofont (con temperaturas de consigna de 18°C, 20°C) y el modelo 1500 W de Technofont (con temperatura de consigna de 20°C).
- d) Comparativa de consumo y comportamiento de temperaturas, en un piso de la ciudad de Lleida, entre la calefacción eléctrica Technofont y una instalación a gas natural.

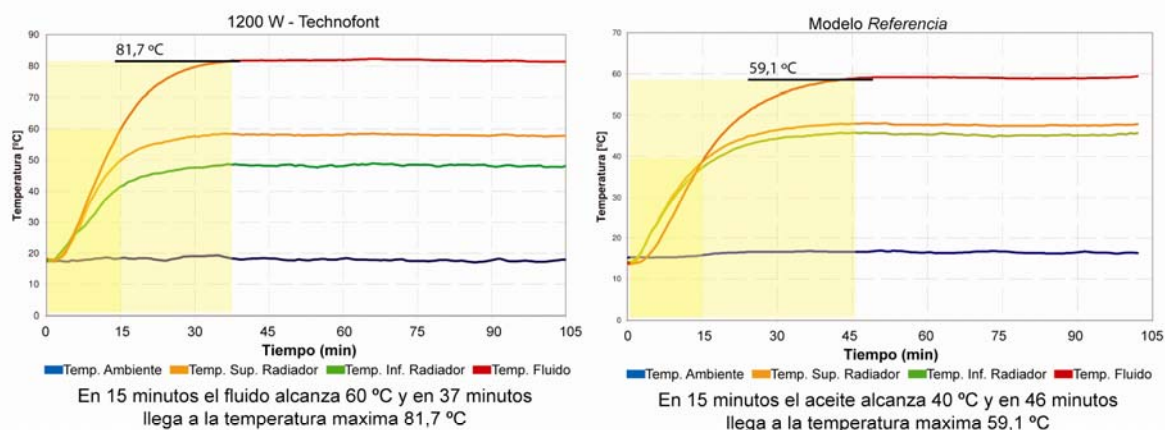
Comparación de los experimentos en régimen transitorio para el modelo Technofont 1200 w y el modelo de una primera marca del mercado

Voltaje [Vac]	Modelo	Intensidad [A]	Potencia [W]
230	1200 W – Technofont	4,81	1110
	Modelo de una primera marca del mercado	4,62	1072

Tabla 1 Comparación de los resultados eléctricos del ensayo en régimen transitorio de los diferentes modelos analizados.

Voltaje [Vac]	Modelo	T _{emp. ambiente} [°C]	T _{máx-fluido} [°C]	T _{emp. sup. radiador} [°C]	T _{emp. inf. radiador} [°C]	K _{Tiempo (95%)} [min]
230	1200 W – Technofont	17,0	81,7	58,3	48,4	37
	Modelo de una primera marca del mercado	17,1	59,1	47,5	44,9	46

Tabla 2 Comparación de los resultados térmicos del ensayo en régimen transitorio de los diferentes modelos analizados.



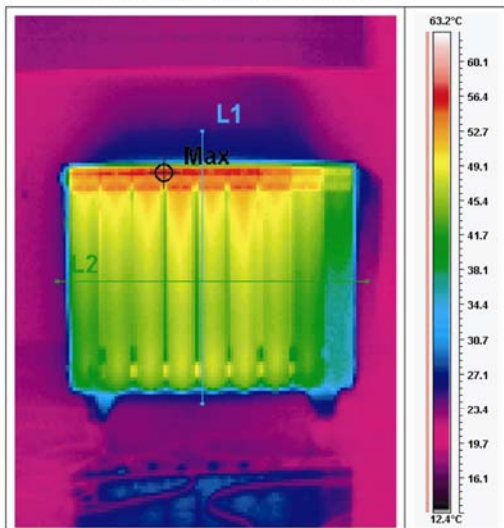
OBSERVACIONES: Ambos radiadores tienen el mismo número de elementos (9) y el modelo Technofont con solo 38 w más, consigue elevar la temperatura de su fluido a 81,7 °C frente a los 59,1 °C del modelo de otro fabricante. Estas diferencias proporcionan un rendimiento superior al radiador Technofont de un 20 %

3.2. Régimen estacionario

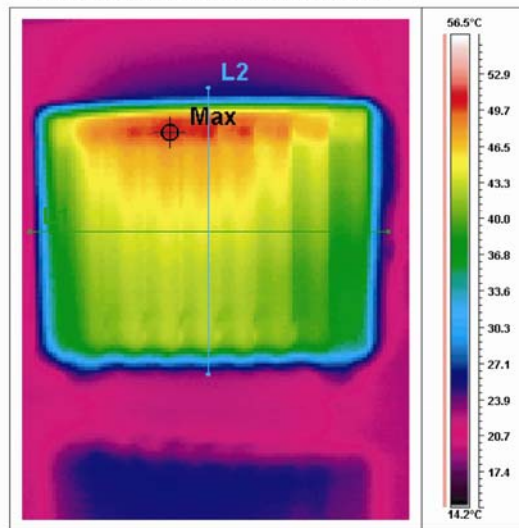
3.2.1. Fotografías termográficas.

Imágenes termográficas de los radiadores analizados.

Modelo 1200 W de Technofont



Modelo 990 W de otro fabricante



Para calcular la potencia termica de un elemento de radiador Calidor 97 500/100, debemos conocer previamente el salto termico ΔT (diferencia entre la temperatura del liquido -agua, fluido- en el interior del radiador y la temperatura ambiente).

Formula de calculo: $\Delta T = (\text{temp. agua entrada} + \text{temp. agua salida}) / 2 - 20 = K$
 Ej. calefacción de agua: $\Delta T = 60 + 44 = 104 / 2 = 52 - 20 = 32 K$

En el caso de trabajar con un fluido termico a 80° y circuito cerrado, donde no tendremos disminuciones de temperatura entre la entrada y salida, el salto termico ΔT seria el siguiente:

$$\Delta T = 80 + 80 = 160 / 2 = 80 - 20 = 60 K$$

Por tanto el ΔT para Calidor 500/100 utilizados en calefacción TECHNOFONT corresponde a: 60 K.

Gruppo Fondital

Calculo potencia termica a diverso ΔT

Linea:

Modello:

Articolo:

ΔT :

Calcula

Potenza termica a $\Delta T 60K$: **162,55 W/el ***
 (1 w = 0,86 kcal) **139,80 kcal/el**

VALORES DE POTENCIA TERMICA para radiadores TECHNOFONT

Nº elem	Consumo eléctrico (vatios)	ΔT 60K	
		W	Kcal
3	350	487,61	419,34
5	600	812,69	698,91
7	900	1137,77	978,48
9	1200	1462,84	1258,04
11	1500	1787,94	1537,63
13	1800	2113,02	1817,20
14	2000	2275,56	1956,98

* Información facilitada por FONDITAL, fabricante de los elementos de aluminio modelo CALIDOR 100

3.3. Funcionamiento continuo

3.3.1. Modelo 1200 W – Technofont

Al solicitar una temperatura de consigna de 18° C

Como se desprende de la figura 1, la demanda energética en este caso es excesivamente baja, y no hay problema alguno para mantener la temperatura de consigna. Durante el tiempo de operación, la temperatura del habitáculo no desciende más de 0,6° C respecto a la consigna.

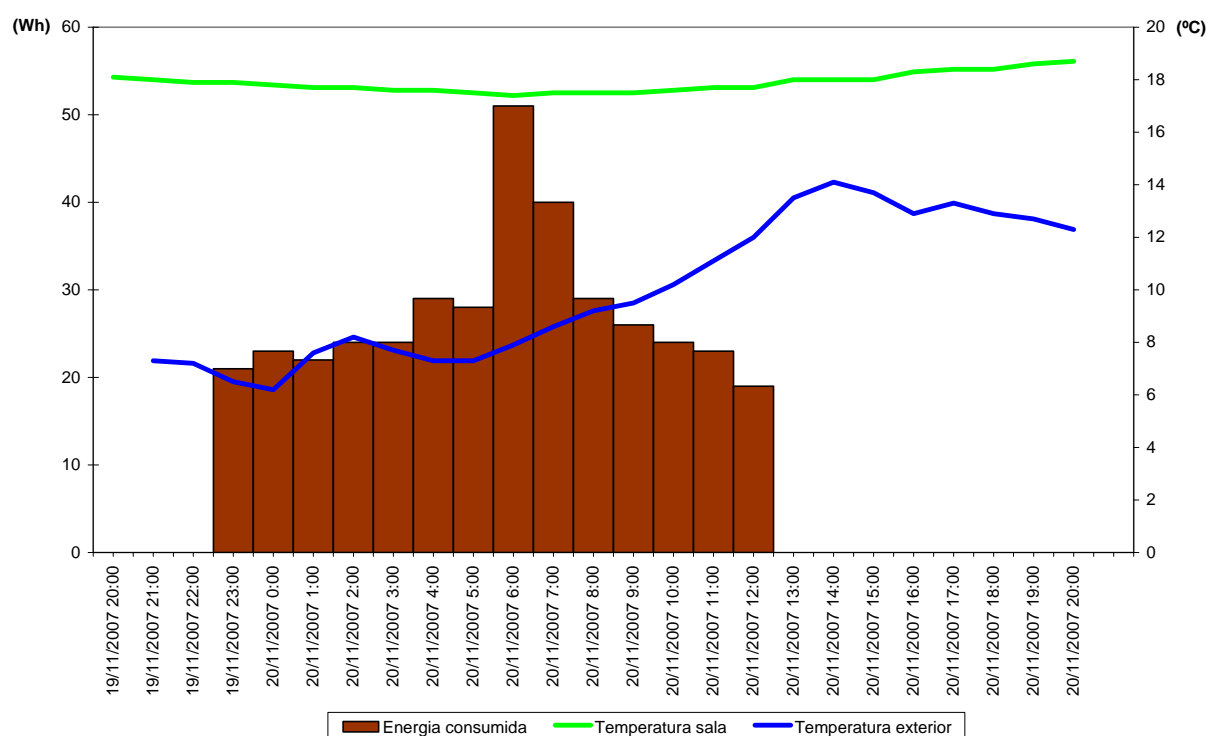


Figura 1 Variación de la demanda energética y la evolución de la temperatura exterior e interior a largo de 24 horas de funcionamiento, siendo la temperatura de consigna 18°C – modelo 1200 W - Technofont.

OBSERVACIÓN: El consumo para mantener los 18°C durante estas 24 h., ha sido de 384 W. Lo que supone 16 W/h.

Al solicitar una temperatura de consigna de 20° C

En la figura 2 se aprecia que la temperatura media del habitáculo a lo largo de las 24 horas, resultó ser de 19,2 °C, siendo la diferencia máxima entre la consigna y la del habitáculo de 1,2°C.

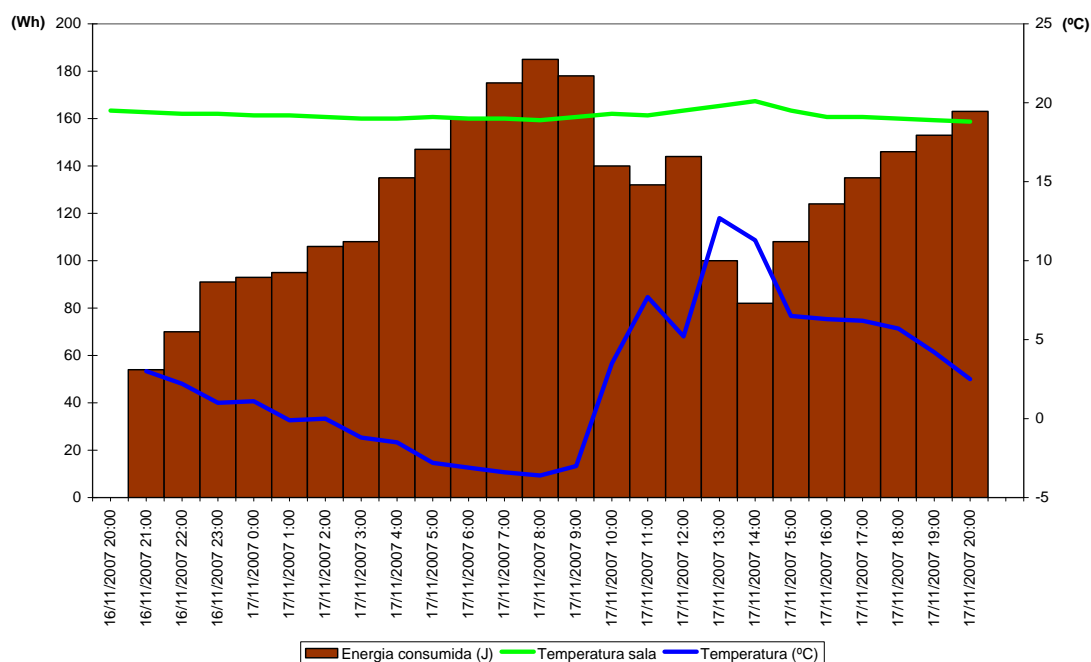


Figura 2 Variación de la demanda energética y la evolución de la temperatura exterior e interior a largo de 24 horas de funcionamiento, siendo la temperatura de consigna 20°C – modelo 1200 W - Technofont.

OBSERVACIÓN: El consumo promedio a lo largo de las 24 horas ha sido de 125 w/h, poco más del 10 % de la potencia nominal. Con una temperatura exterior promedia de 2,5°, llegando según se puede observar en el grafico, a mínimas de -4° y máximas de 13°

3.3.2. Modelo 1500 W – Technofont

A partir de la figura 3 se observa claramente que en este caso, el emisor estaría sobredimensionado ya que la demanda energética resulta ser muy baja. Por ello, se alcanza la temperatura de consigna y se mantiene muy uniforme a lo largo de las 24 horas, a pesar de la fluctuación de la temperatura atmosférica.

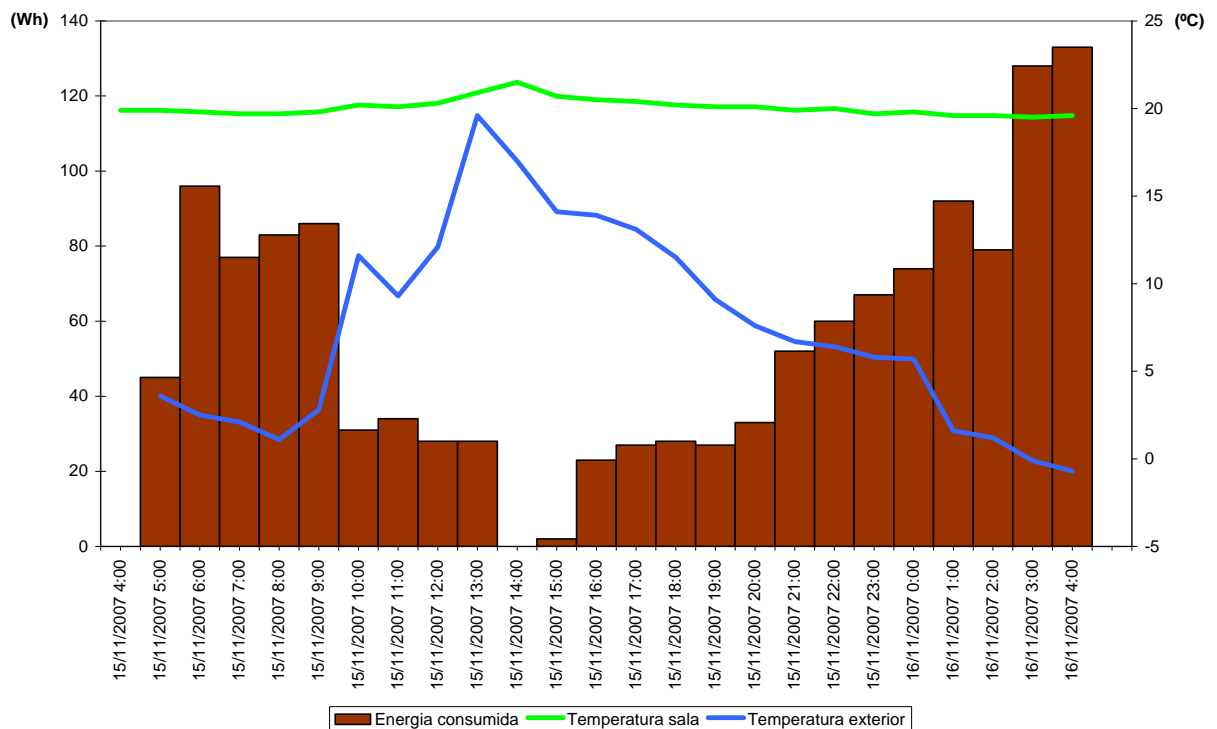


Figura 3 Variación de la demanda energética y la evolución de la temperatura exterior e interior a largo de 24 horas de funcionamiento, siendo la temperatura de consigna 20°C – modelo 1500 W – Technofont.

OBSERVACIÓN: El consumo para mantener los 20° C durante estas 24 h., ha sido de 1325 W. Lo que supone 55 W/h., el 3,66 % de su potencia nominal. En este gráfico podemos observar que si la potencia instalada sobrepasa las necesidades del espacio a calefactar, el consumo puede ser menor. Por esta razón es imprescindible instalar la potencia adecuada a los m3 a calefactar.

4. Segunda parte

4.1. Introducción

En esta parte se pretende comparar el consumo energético para calefactar un piso real. La comparación se realiza entre los radiadores Technofont, que requieren electricidad, y emisores tradicionales alimentados mediante agua caliente procedente de una caldera mural a gas.

Esta comparación se ha realizado en un piso situado en la ciudad de Lleida construido en el año 2006 de 81 m² útiles interiores. Como puede verse en la Figura 14, el piso tiene 3 dormitorios, dos baños, comedor, cocina y recibidor, estando orientados la cocina y el dormitorio-2 hacia el Norte, mientras que la fachada principal se halla orientada hacia el Sur.

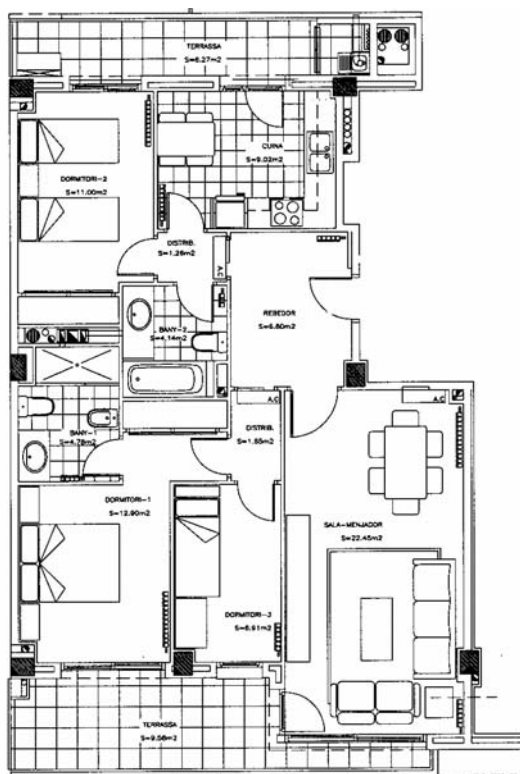


Figura 14 Plano del piso en Lleida donde se ha realizado la experimentación.

4.2. Descripción de la instalación

4.2.1. Datos básicos de la configuración térmica del piso para el sistema de calefacción eléctrica.

La potencia eléctrica total instalada únicamente para la **calefacción es de 9950 W**, superior a la potencia **contratada 6900 W**. Por tanto, es imprescindible instalar el Optimizador de potencia Technofont, que gestione la demanda eléctrica de los radiadores, de tal manera que no se supere la potencia contratada, y evitar el recalentamiento de líneas y la consecuente desconexión por parte del ICP.

Por otro lado, la potencia eléctrica conectada a **línea 1 es de 4250 W**, lo que equivale a 18,5 A, es decir, si todos los radiadores de dicha línea funcionasen simultáneamente se sobrepasaría la intensidad máxima permisible, y provocaría la desconexión del PIA de 16 A. Si se examina **la línea 2, la potencia eléctrica conectada es de 5700 W**, lo que equivale a 24,8 A, y por tanto, también supera la potencia máxima por línea. Por todo esto, es necesario que el optimizador gestione la demanda energética de los radiadores no únicamente para que no se supere la potencia máxima contratada, de forma independiente a la demanda de otros electrodomésticos que se pueden poner en funcionamiento en la casa, sino que además la potencia para cada línea de enchufes no supere los 16 A. Por este motivo se definen grupos que tienen asignados un número de radiadores (Tabla 1). El optimizador pone en funcionamiento o desconecta todos los radiadores asignados en ese grupo.

Hay que añadir que el grupo “0”, es el que es prioritario y que tiene un funcionamiento continuo, mientras que el resto de grupos van dirigidos por el optimizador.

Tabla 1 Intensidad máxima de cada grupo de radiadores.

Grupo	Intensidad máxima
0	6,5
1	6,5
2	6,7
3	5,2
4	10,4
5	7,8

Finalmente, hay que resaltar que para la configuración indicada en la Tabla 1, la intensidad máxima de la línea2, sería cuando el grupo “0”-prioritativo y el grupo “4” están ambos operativos y que la demanda sería de 16,9 A, lo que a priori supondría la desconexión por parte del PIA. No obstante, la intensidad real medida en dicha situación es ligeramente inferior al 16 A, y en ningún momento se ha producido desconexión alguna por parte del PIA.

NOTA: El Optimizador de potencia está concebido para dar siempre prioridad a los electrodomésticos de la vivienda.

4.2.4. Datos básicos de la configuración térmica del piso para el sistema de calefacción convencional con gas

El sistema de calefacción a gas está formado por una caldera mural a gas mixta de agua caliente y calefacción, que posee, según catálogo, una potencia útil de 8,7 a 23 kW y un rendimiento del 91% respecto al PCI (Poder Calorífico Inferior).

El agua caliente producida por la caldera se distribuye por el interior del piso, hacia los diferentes radiadores.

La mayor diferencia entre los dos sistemas de calefacción se encuentra en el sistema de control, ya que en el sistema eléctrico, cada radiador se halla controlado de forma individual por su propio controlador, mientras que en el sistema de calefacción a gas, el funcionamiento de la caldera se halla controlado por un único termostato digital situado en este caso en la entrada de la Sala-Comedor. Dicho termostato es de la marca Mundocontrol, modelo HD-210 que opera con un diferencial de 0,5 °C.

Con el fin de poder comparar el funcionamiento del sistema de calefacción eléctrico respecto al sistema de calefacción a gas, se ha mantenido la sonda de temperatura que había en cada habitáculo. Por otra parte, y desde el punto de vista de demanda energética, se ha monitorizado y se ha registrado cada 5 minutos si la señal

procedente del termostato estaba en posición ON o OFF y por otra parte, con un contador de tiempo, se ha procedido a calcular el total tiempo que la señal del termostato ha estado activada, con el fin de proceder a validar el contaje energético respecto a la indicación proporcionada por el contador de gas que es del tipo G4 de la compañía suministradora de gas.

4.3. Resultados de la calefacción del piso con radiadores Technofont

Los resultados se presentan en la Figura 18. Como se puede apreciar, en un conjunto las temperaturas de todas las habitaciones varían en un rango máximo de 1,6 °C, entre los 20 °C y los 21,6 °C., la temperatura solicitada para toda la vivienda es de 21° C las 24 horas del día.

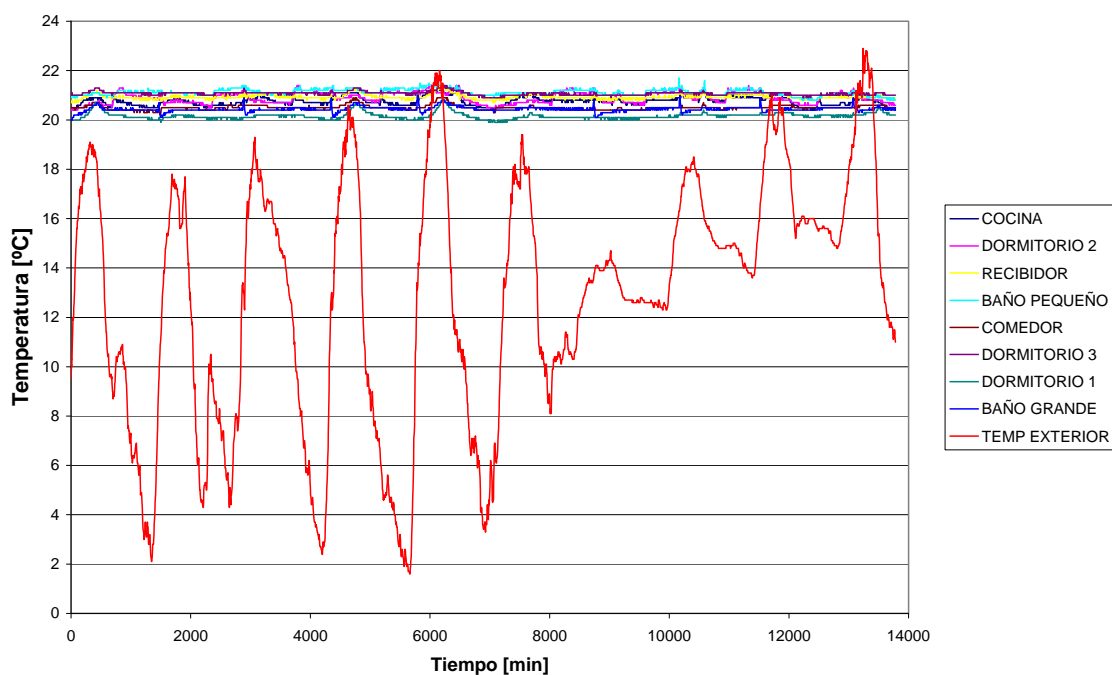


Figura 18 Temperaturas obtenidas en las diferentes habitaciones del piso comparadas con la temperatura exterior.

No obstante, si se analiza la Figura 18 con mucho más detalle, se constata que la oscilación de cada una de las temperaturas a largo de la experimentación son mucho más reducidas. Las discrepancias entre dichas temperaturas se deben a la diferencia entre la lectura de la sonda de temperatura incorporada en cada emisor respecto a la sonda de temperatura del sistema de adquisición de datos

El consumo acumulado se muestra en la Figura 24 y el consumo hora a hora en la Figura 25.

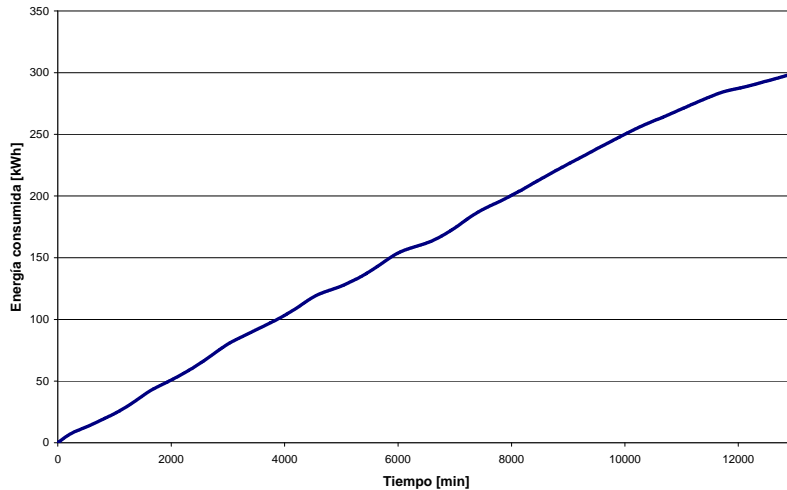


Figura 24 Evolución de la energía consumida acumulada en el piso.

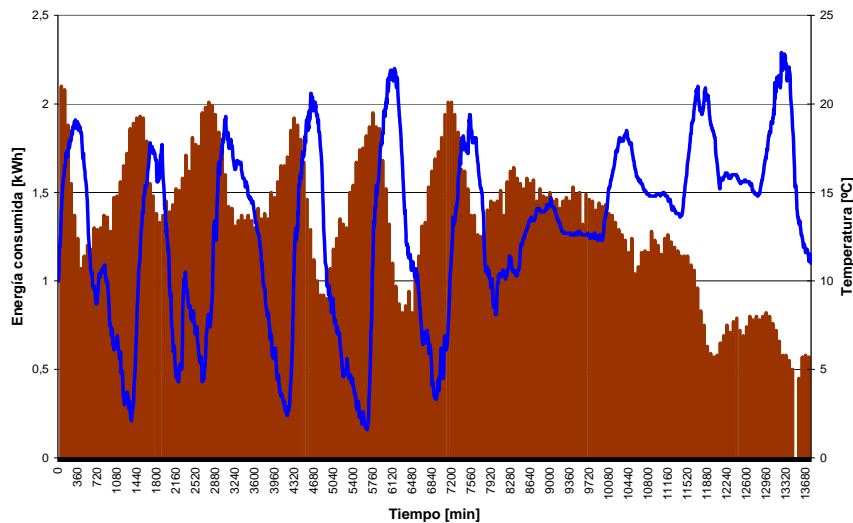


Figura 25 Energía consumida en el piso hora a hora.

Como era de esperar, el consumo energético es mayor durante la noche, ya que hay un descenso importante de temperatura respecto al día. No obstante, y con temperaturas inferiores a 5 °C, el consumo energético horario es inferior a los 2 kWh, lo que equivale a una intensidad media inferior a 9 A, muy por debajo de los 30 A disponibles en un principio. Por otra parte, en la Tabla 2 se muestra el consumo energético diario a lo largo de período de experimentación.

Tabla 11 Energía consumida en el piso día a día durante el período de experimentación.

Día	Energía consumida [kWh]
1	38,27
2	38,34
3	33,85
4	33,38
5	38,19
6	36,29
7	30,92
8	21,73

RESUMIDO:

Vivienda en la ciudad de Lleida, de 81 m²

Potencia instalada 9950 W, dos líneas de 16 A (3600 w)

Línea 1 : 4250 w Línea 2 : 5700 w

Potencia contratada 6900 w (30 A)

Temperatura media exterior 7°C

Consumo en 8 días 270,97 kW.

Consumo medio diario 33,87 kW

“Con las condiciones eléctricas de la vivienda y la potencia contratada, toda esta instalación solo puede funcionar gracias a la utilización del OPTIMIZADOR de potencia Technofont”

4.4. Resultados de la calefacción convencional del piso con gas

Los resultados se presentan de la Figura 26 a la 31. La temperatura de consigna establecida es la misma que para el sistema de calefacción eléctrica, es decir, 21 °C., a lo largo de las veinticuatro horas del día.

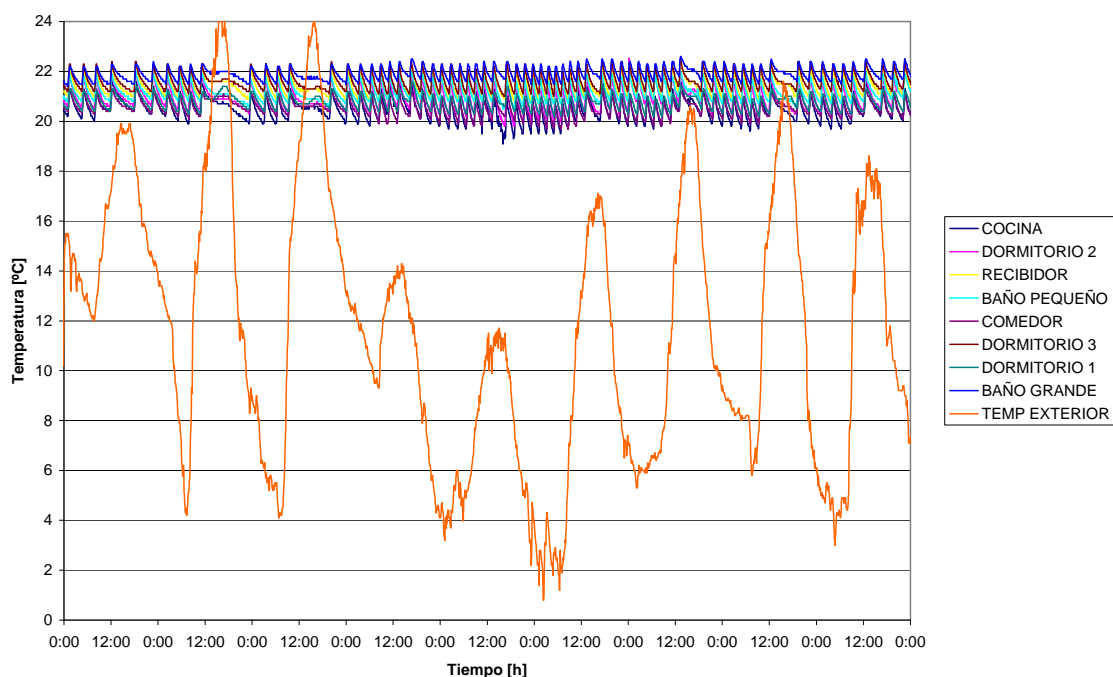


Figura 26 Temperaturas obtenidas en las diferentes habitaciones del piso comparadas con la temperatura exterior.

Comparando la Figura 18 con la Figura 26, se puede apreciar que la oscilación de la temperatura en cada una de las habitaciones del piso es mayor cuando la calefacción es a gas que cuando se utilizan los radiadores Technofont. Esto se debe a que el sistema eléctrico es modulante, lo que permite un mayor control de la temperatura; mientras que en el sistema a gas se utiliza un control todo/nada, con un diferencial de 0,5 °C, lo que conlleva que la temperatura debería oscilar entre 21,5 °C y 20,5 °C en la sala comedor. Además, en la instalación a gas se dispone de un único controlador, lo que impide un control preciso en cada habitación y la temperatura de cada uno de ellos depende básicamente del equilibrado en el número de elementos de los emisores. Como consecuencia, para el caso particular de este piso en estudio, y a partir de la Figura 26 se observa que por una parte algunos puntos pueden superar los 22 °C, mientras que otros pueden descender casi a los 19 °C.

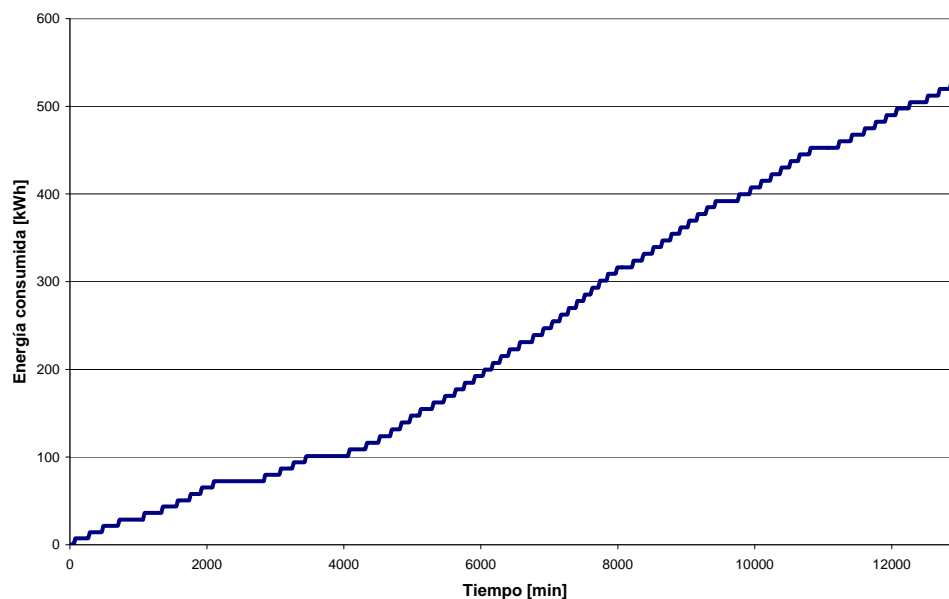


Figura 31 Evolución de la energía consumida a gas en el piso.

En la Figura 31 se muestra la evolución del consumo acumulado con el sistema de calefacción a gas, mientras que en la Figura 32 se presenta el consumo hora a hora.

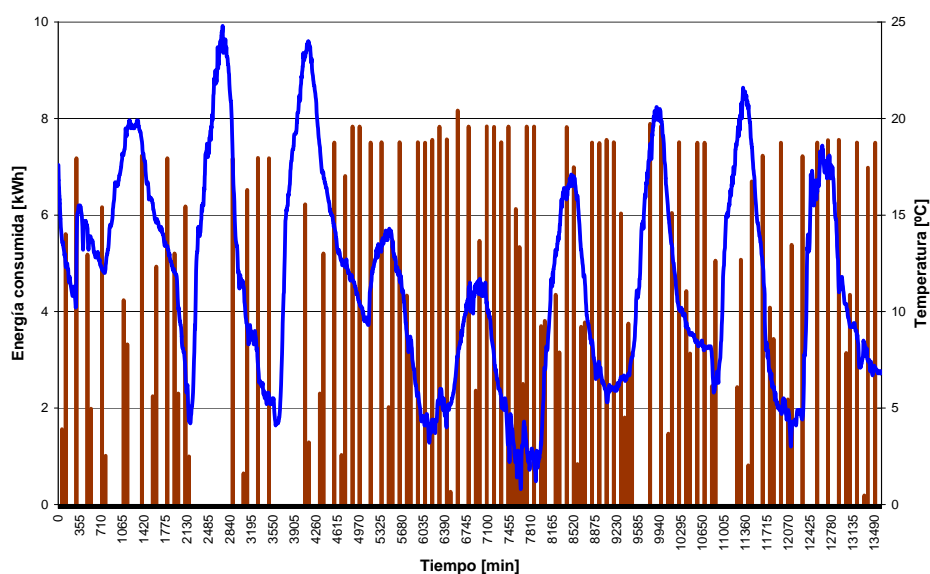


Figura 32 Energía consumida en el piso hora a hora, con calefacción a gas.

Evidentemente, las variaciones de la pendiente de consumo energético que se observan en la Figura 31 se deben a la diferencia de la temperatura exterior en los diferentes días de ensayo. Por otra parte, indicar que para el cálculo de la demanda energética hora a hora del sistema de calefacción a gas se ha hecho proporcional al tiempo que ha estado funcionando la caldera durante el intervalo de tiempo considerado, respecto al consumo energético total medido en el ensayo. Así pues, los resultados obtenidos en los 8 días de ensayo son:

- Consumo total de gas durante el ensayo = 45,008 m³
- Factor de conversión a energía, 1 m³ = 11,563 kWh
- Tiempo total de funcionamiento de la caldera = 27 horas 24 minutos

Finalmente, en la Tabla 3 se muestra el consumo energético diario en el periodo de experimentación.

Tabla 3 Energía consumida con calefacción a gas en el piso día a día en el periodo de experimentación.

Día	Energía consumida [kWh]
1	36,21
2	31,35
3	70,58
4	80,91
5	80,71
6	65,77
7	58,63
8	59,64

RESUMIDO:

Vivienda en la ciudad de Lleida, de 81 m²

Instalación de calefacción a gas

Temperatura media exterior 7,5°C

Funcionando 8 días ha consumido 483,80 kW.

Consumo medio diario 60,5 kW. (el doble que la calefacción Technofont)

4.5. Comparación de los resultados de la calefacción con radiadores Technofont y con calefacción convencional del piso con gas bajo condiciones de temperatura exterior muy similares, a lo largo de 24 h

Con el fin de poder realizar una comparativa más detallada del funcionamiento entre los dos sistemas de calefacción, a continuación se muestra los resultados obtenidos por ambos sistemas bajo unas condiciones similares de temperatura exterior, aunque no idénticas a lo largo de 24 horas.

En la Figura 33 se presenta el consumo energético hora a hora junto con la temperatura exterior para ambos días de experimentación. Como puede apreciarse, la temperatura exterior durante el ensayo con el sistema de calefacción a gas es ligeramente inferior que para el caso de la calefacción eléctrica. Por otra parte, desde el punto de vista energético, para el sistema de calefacción a gas se obtienen consumos energéticos superiores a 7 kWh y en otros instantes cero, mientras que para el sistema de calefacción eléctrica los consumos son mucho más uniformes, no superando los 2 kWh ni descendiendo a valores inferiores a 1 kWh.

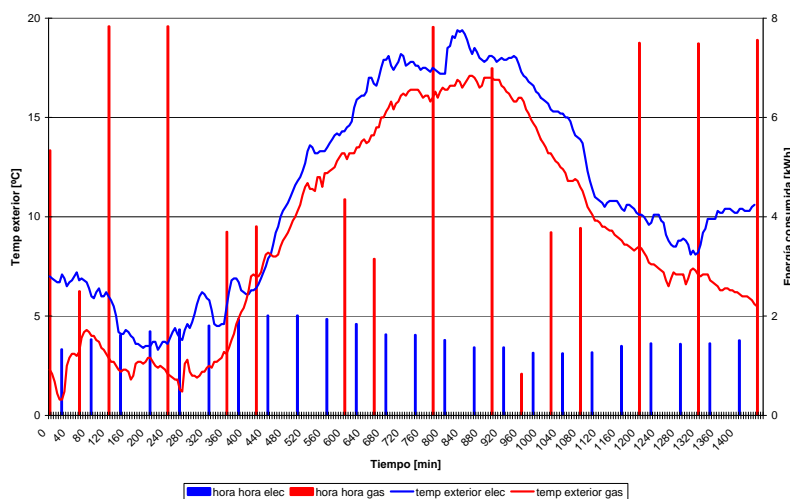


Figura 33 Comparación de la energía consumida hora a hora en el piso por ambos sistemas de calefacción a lo largo de 24 h.

Con el fin de visualizar el total de ambos sistemas, en la Figura 34 se muestra la evolución de la demanda energética de ambos sistemas para el período de tiempo considerado en ambos casos. Como puede apreciarse, el consumo con el sistema a gas, es prácticamente el doble que para el sistema eléctrico. Aunque, una parte del incremento de consumo energético del sistema a gas se podría justificar debido a que las condiciones térmicas exteriores son ligeramente más desfavorables durante el ensayo a gas, resulta evidente que no es el único factor a considerar. Por ello, se ha procedido a realizar una comparativa de la evolución de la temperatura entre ambos sistemas en los habitáculos más significativos del piso (sala-comedor, cocina y dormitorios).

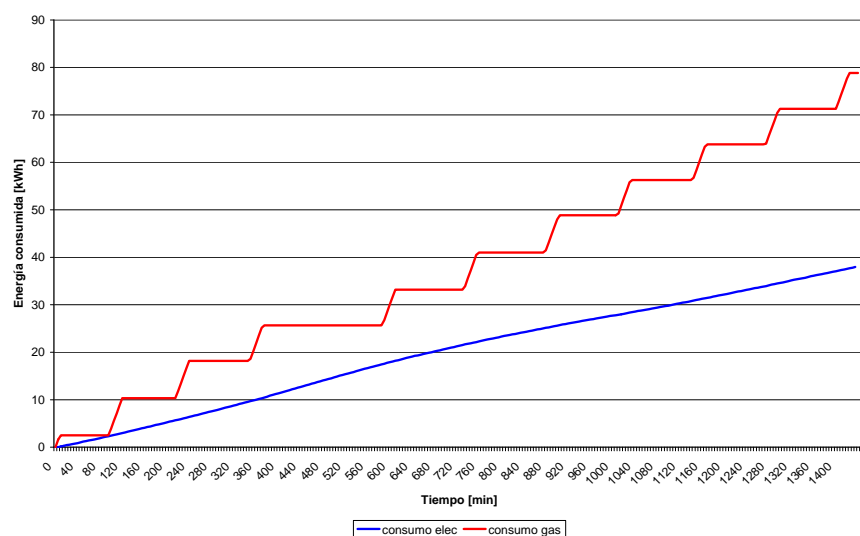


Figura 34 Comparación de la energía consumida en el piso por ambos sistemas de calefacción a lo largo de 24 h.

Detalle del consumo energético en la comparativa sistema eléctrico y sistema a gas, a lo largo de las 24 h.

hora	Consumo eléctrico [kWh]	Consumo gas [kWh]
1	1.33	5.34
2	1.53	2.50
3	1.62	7.84
4	1.69	0.00
5	1.73	7.84
6	1.81	0.00
7	1.94	3.70
8	2.01	3.81
9	2.01	0.00
10	1.94	0.00
11	1.84	4.35
12	1.63	3.15
13	1.62	0.00
14	1.52	7.82
15	1.37	0.00
16	1.37	6.99
17	1.26	0.84
18	1.25	3.69
19	1.27	3.77
20	1.4	0.00
21	1.45	7.50
22	1.44	0.00
23	1.45	7.49
24	1.51	0.00
TOTAL	38.0	76.6

5. Conclusiones

A continuación se muestran las principales conclusiones obtenidas de los diversos ensayos realizados en la primera parte:

- 1) Los radiadores eléctricos de Technofont ensayados, proporcionan una potencia ligeramente inferior a la indicada en los catálogos. No obstante, se ha constatado que a 230 V los radiadores eléctricos de Technofont de 1200 W nominales tienen una potencia real de 1110 W, lo cual cumple la normativa vigente (ésta permite una desviación en la potencia de +5% y -10%), mientras los emisores termoeléctricos de *Referencia* (modelo fabricado por una de las primeras marcas), no cumplen dicha normativa, ya que la potencia real es mayor a lo permitido.
- 2) La temperatura máxima del fluido térmico en la parte superior del emisor, supera los 60 °C.
- 3) Al comparar el radiador de 9 elementos de Technofont y el modelo *Referencia*, ambos tienen la misma potencia eléctrica, aunque la temperatura de operación del aceite térmico utilizado por el modelo *Referencia*, es sensiblemente inferior al caso de los emisores de Technofont. Bajo unas mismas condiciones de experimentación y bajo condiciones estándar de alimentación eléctrica, dicha diferencia de temperatura del fluido supera los 20 °C.
- 4) El emisor *Referencia* ensayado presentan un error sistemático de operación alrededor de 1 °C respecto al valor de consigna.

En cuanto a la segunda parte de la experimentación:

- 1) Cuando se utilizan radiadores Technofont para calefacción, se aprecia que la estabilidad de la temperatura de cada uno de los habitáculos es extraordinariamente buena, siendo las oscilaciones de temperatura inferiores 0,5 °C.
- 2) La gran estabilidad en la temperatura medida en el habitáculo proporciona una demanda energética muy uniforme a lo largo del tiempo.
- 3) El sistema de control tiene un consumo en stand-by, de aproximadamente 14 W por emisor.

Las conclusiones de la tercera parte de la experimentación, utilizando el sistema de calefacción a gas son:

- a) La propia naturaleza del funcionamiento del termostato del sistema de calefacción a gas, provoca una oscilación térmica mínima de 1 °C, mientras que el sistema de climatización eléctrico dicha oscilación es alrededor de 0,5 °C
- b) El disponer de un único controlador en el sistema de calefacción a gas para todo el piso, provoca que existan diferencias térmicas significativas entre los diferentes habitáculos, y para el caso estudiado provocan un incremento de temperatura respecto a la consigna, lo que provoca un exceso de consumo energético.
- c) A partir de los valores obtenidos en los diferentes ensayos, se puede decir que el consumo energético con el sistema de calefacción a gas es mayor que el sistema de calefacción eléctrica. Dicho incremento se debe en primer lugar al rendimiento propio de la caldera y al hecho de operar con un único controlador, provocando que ciertas estancias del piso se encuentran a una temperatura superior a la deseada.
- d) Desde el punto de vista económico, hay que tener en cuenta que el precio de cada una de las fuentes energéticas. Para el caso del gas, el precio actual es de 0,051929 €/kWh, mientras que para el eléctrico resulta de 0,0933 €/kWh. Así pues, para el caso del día seleccionado para realizar la comparativa entre ambos sistemas, a pesar que el sistema de gas el consumo energético resulta el doble, para el usuario final, el precio a pagar para ambos sistemas sería muy similar.