

Cálculo práctico de calefacción eléctrica por acumuladores en una vivienda

1. Introducción

La calefacción eléctrica por acumuladores de calor, desde el punto de vista doméstico, es una calefacción limpia e individual que transforma la energía eléctrica en calorífica. Ello se produce durante las horas de tarifa eléctrica reducida. Horas fijadas por las compañías suministradoras, que son casi siempre nocturnas.

Ello supone que, si, con un coste inferior de la energía eléctrica, almacenamos energía calorífica por la noche, y el resto del día la descargamos de forma controlada según la evolución de

las condiciones climáticas, estamos teniendo una calefacción más económica que la calefacción eléctrica normal y optimizando los recursos de forma más racional.

Cuando los acumuladores de calor están en servicio manual controlado o automático y la instalación bien diseñada, térmica y eléctricamente, este tipo de calefacción en el área doméstica ofrece ventajas, sobre todo, en lo que a posibilidades de regulación se refiere.

Sin embargo, no se pretende comparar este sistema con otros en los que, en muchos casos, no sólo se han de tener en cuenta los factores económicos (inversión y amortización), sino variables como la higiene, el medio ambiente, disponibilidad del suministro, fiabilidad, seguridad, olores, etc., todos ellos criterios muy particulares y que hacen difícil establecer prioridades, por ser de carácter humano.

2. Principio de funcionamiento

Los radiadores de acumulación están provistos de unas resistencias de alta calidad Ni/Cr 80-20 que durante la noche calientan unos ladrillos refractarios, que alcanzan temperaturas de aproximadamente 650°C, aunque con la protección del calorifugado (lana mineral o materiales asimilados), las partes externas no superan los 90°C de temperatura superficial por su propia radiación.

La capacidad de almacenamiento nominal de calor se consigue con la conexión de las resistencias durante ocho horas

SALVADOR DEL PIN
MARTINEZ
Ingeniería
Ginespie/ Electren

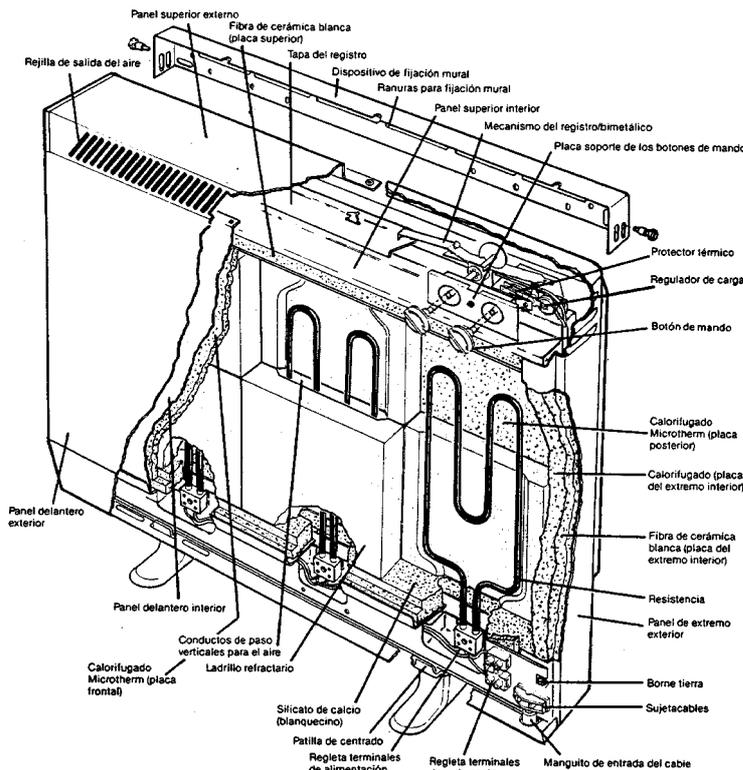


Fig. 1.

ininterrumpidas (Fig.1).

Los ladrillos refractarios, por lo general, son del tipo cerámico aglutinante de magnetita en alta densidad. Por cada kW de acometida, se precisan 35 ó 40 kg de masa de ladrillo, lo que hace que estos radiadores sean ciertamente pesados. Por otra parte, los nuevos desarrollos los hacen bastante estéticos y decorativos, incluso ya es posible ofrecerlos en versión extraplana. Los acumuladores se presentan en diferentes potencias eléctricas a nivel doméstico, y suelen estar en torno a los 3,2 kW, 2,4 kW, 1,6 kW y 800 W siempre en 220 V c.a. La regulación de los equipos se efectúa mediante dos reguladores (carga y descarga), y existe a la vez la posibilidad de funcionamiento en automático.

El regulador de carga determina la cantidad de calor almacenado y, por consiguiente, la temperatura del núcleo de los ladrillos refractarios, con su termostato de seguridad. El regulador de descarga es un reglaje mecánico que abre o cierra un registro de salida que permite mayor circulación de aire y, por tanto, la obtención de una emisión de calor mayor o menor dependiendo de dicha regulación (Fig. 2).

La combinación adecuada de estos dos reguladores permite un funcionamiento automático para todos los días, puesto que el registro se abre dependiendo de la temperatura del núcleo y el reglaje de descarga por procedimientos bimetalicos.

En muchos casos, estos acumuladores llevan incorporado un sistema calefactor de apoyo para utilización en días de temperatu-

ras extremas o cuando, por razones de corte del suministro, no hubiera carga por la noche. Los consumos de estas resistencias adicionales no están acogidas a la tarifa reducida.

Los acumuladores pueden ofrecerse también opcionalmente con una turbina interior que permita el paso forzado del aire por el núcleo y, por tanto, la descarga calorífica de forma más rápida, hecho recomendable cuando se desea caldear un habitáculo en un periodo de tiempo más corto. Se trata de los acumuladores dinámicos. Los acumuladores sin turbina son los denominados estáticos.

3. Instalación eléctrica

Para la consecución de la tarifa nocturna, la instalación eléctrica de la vivienda requiere de equipos y circuitos diferentes a los de una instalación normal de simple tarifa.

Las compañías suministradoras instalan conjuntos de medida con contadores de doble tarifa (llano-valle), relojes discriminadores de horas nocturnas y protector general, principalmente. Es importante recordar que, en horas nocturnas, las compañías suministradoras no ponen límite de potencia que no sea las propias limitaciones técnicas de la acometida, y, por tanto, el término de potencia contratado en dichas horas no existe, mientras que, en el resto del día, los circuitos están limitados por el ICP correspondiente a la potencia con-

tratada. El consumo del kW tiene un descuento de casi un 55% con respecto al kW normal; ésta es la justificación básica para poder optar a una calefacción eléctrica ventajosa, que reúne una amplia gama de características de bienestar.

En la actualidad, muchas son las viviendas que, en su proyecto inicial, han previsto este tipo de tarifa, de tal forma que, cuando se efectúa el contrato de energía eléctrica, las compañías suministradoras ofrecen en sus instalaciones y medida dicha tarifa. Aun así, cuando el usuario tiene la instalación en tarifa simple y desea sustituir su contrato para beneficiarse de horas valle, el coste del cambio no supone precio alguno que no sea un sensible aumento del alquiler de los equipos de medida, ya que son más costosos. Y un recargo del 3% en el precio de kWh consumido durante el día (tarifa normal).

Ahora bien, la instalación eléctrica interior requiere modificaciones que han de realizar instaladores autorizados, requisito imprescindible para efectuar el cambio. Estas instalaciones se pueden ofrecer principalmente en dos tipos:

a) La primera, independizando los circuitos de las tomas de corriente donde están conectados los acumuladores que, debidamente protegidos, finalizan en un contactor principal que se conecta por orden del interruptor horario de la compañía. Hay otro reloj temporizado en el interior de la instalación (del cliente) que discrimina también la conexión de la tarifa, para ampliar las posibilidades de regulación voluntaria por parte del cliente, dentro de los límites del interruptor horario.

b) En la segunda, toda la instalación está supeditada al interruptor horario, que ordena el cambio de tarifa y el término de potencia mediante un contactor, de tal forma que, por cada uno de los acumuladores a instalar en la vivienda, se requiere un interruptor horario individual que conecte en las horas previstas.

Desde el punto de vista económico y de regulación en el mantenimiento, la solución primera tiene unos costes menores de

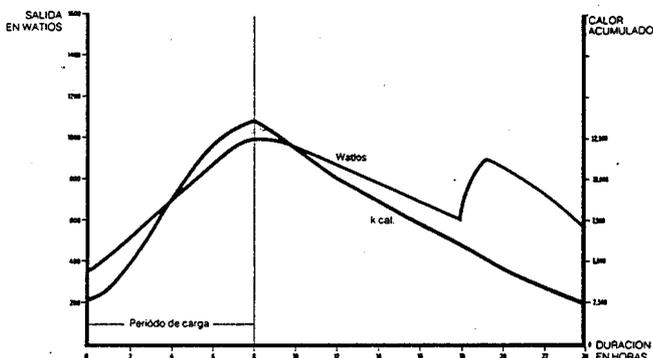


Fig.2.

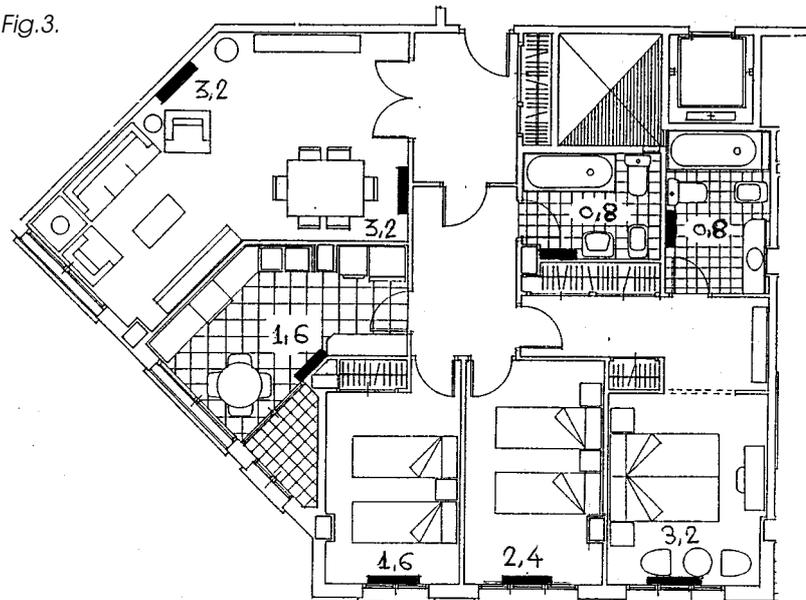


instalación. Las compañías suministradoras ofrecen normas y recomendaciones para que los instaladores y clientes tomen en consideración protecciones, límites, seguridades y condiciones a tener en cuenta y que inciden directamente en el coste de inversión de este tipo de calefacción y nueva contratación.

Es importante contratar el término de potencia que incida en los consumos diarios en horas llano.

Los acumuladores son equipos de gran peso y se suministran desmontados de ladrillo y resistencias, lo que obliga a su instalación *in situ*, siempre por instaladores autorizados privados o del servicio post-venta del fabricante.

Fig.3.



4. Cálculos

Las condiciones de la vivienda que vamos a considerar son de uso común, como las que se exponen a continuación:

- La vivienda dispone de aislamiento térmico en paredes y techos (poliestireno expandido) con doble acristalamiento o salto térmico equivalente.
- Los acumuladores están situados debajo de las ventanas.
- Se consideran 20°C como una temperatura confortable para una persona en reposo.
- La vivienda tiene dos paredes exteriores y está situada en Madrid o zonas de condiciones climáticas similares, según el Instituto Estadístico de Meteorología.
- Temperatura exterior con una media superior a 10 días al año de -3°C.
- Recinto calentado en uniformidad, se mantiene en sentido horizontal y vertical la temperatura deseada.
- La velocidad del aire de 0,15 m/s.
- Humedad relativa alrededor del 50%.
- Orientación de la vivienda norte/este.
- Superficie de la vivienda de

90 m² habitables y 2,5 m de altura en techo.

Para el cálculo, hemos de partir de los siguientes datos técnicos:

$$1 \text{ kW/h} = 860 \text{ kcal/h}$$

El rendimiento de un equipo acumulador es prácticamente del 100%, ya que la totalidad de transmisión de energía eléctrica se transforma casi en su totalidad en energía calorífica, el resto de pérdidas es despreciable.

Mediante la Tabla I y teniendo en cuenta las condiciones de construcción de la vivienda y parámetros técnicos que hemos enunciado anteriormente, se calculan las pérdidas de calor por

transmisión, pérdidas de calor por ventilación, superficies exteriores frías y rendimientos, que no son cálculos previstos en este análisis, sino que sus resultados finales expresados en la Tabla II se han de tener en cuenta para cálculos particulares de viviendas similares de una forma práctica y rápida. (Las condiciones de construcción a efectos térmicos en una vivienda son actualmente muy similares a las condiciones expuestas en las hipótesis de cálculo).

Las pérdidas de calor totales (analizadas desde la diferencial de -3°C) quedan expresadas en la Tabla II.

Si tenemos en cuenta la equivalencia 1 kW = 860 kcal/h y calculamos la potencia eléctrica

Tabla I

| Areas | Temperatura °C | Superficie m ² | Orientación |
|--------------|-----------------|---------------------------|-------------|
| Salón | 20 | 30 | N/E |
| Dormitorio 1 | 18 | 15 | N |
| Dormitorio 2 | 18 | 12 | INT |
| Dormitorio 3 | 18 | 9 | INT |
| Aseos (2) | 18 | 9 | E |
| Pasillos | 15 | 5 | INT |
| Cocina | 16 | 10 | INT |
| Total | 17,5 med | 90 | |

| Tabla II | | | |
|--------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Areas | Pérdidas kcal/m ² | Superficie m ² | P. Totales kcal/m ² |
| Salón | 92 | 30 | 2.760 |
| Dormitorio 1 | 90 | 15 | 1.350 |
| Dormitorio 2 | 84 | 12 | 1.008 |
| Dormitorio 3 | 84 | 9 | 756 |
| Aseos (2) | 80 | 9 | 720 |
| Pasillos | 40 | 5 | 200 |
| Cocina | 64 | 10 | 640 |
| Total | 76,3 med | 90 | 7.430 |

| Tabla III | | | |
|--------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Areas | Potencia Wm ² | Superficie m ² | Pot. Total Teórica kW/h |
| Salón | 107 | 30 | 3,21 |
| Dormitorio 1 | 105 | 15 | 1,58 |
| Dormitorio 2 | 98 | 12 | 1,18 |
| Dormitorio 3 | 98 | 9 | 0,88 |
| Aseos (2) | 93 | 9 | 0,47 / 0,37 |
| Pasillos | 47 | 5 | 0,24 |
| Cocina | 74 | 10 | 0,74 |
| Total | 96 med | 90 | 8,68 |

Fig.4.

Estos son los cálculos de su factura

| Dirección del suministro | | Titular del Contrato | | N.I.F. | |
|--------------------------|------------------|----------------------|--------------------|-------------|---|
| Tipo de consumo | Lectura anterior | Lectura actual | Energía consumida | Cargo abono | Importe en plas. |
| LLANO | 7500 | 7598 | 98 | | FACTURACION POR POTENCIA |
| VALLE | 14325 | 14597 | 272 | | 6,60kW x 1,84 MESES x 274,00 PTS..... 3.327 |
| | | | | | FACTURACION POR CONSUMO |
| | | | | | 370kWh x 15,55 PTS 5.754 |
| | | | | | DESCUENTO CONSUMO NOCTURNO -2.265 |
| | | | | | RECARGO CONSUMO DIURNO 39 |
| | | | | | ALQUILER 434 |
| Periodo de lectura | Tarifa | B.O.E. | C.N.A.E.EQ. MEDIDA | | IVA. POTENCIA Y CONSUMOS IVA ALQUILER |
| 15.09.94 a 10.11.94 | 20N | 05.01.94 | 9010 | | 15,0% (6855) + 15,0% (434) 1.093 |
| Oficina comercial | | | Teléfono | | |
| CL SILOS 12 ARGANDA | | | 915944994 | | |
| Nº Recibo | | Nº Factura | | | |
| 0708342801.8-941110 | | 4194111137211 | | | 8.382 |
| | | | | | IMPORTE TOTAL |

Esta factura solo tendrá validez con la autenticación de la oficina de cobro

Este es su consumo eléctrico en gráficos



que necesitamos para calentar 1 m² a la temperatura deseada.

En el salón, por ejemplo,

$$\frac{92 \text{ kcal m}^2/\text{h}}{860 \text{ kcal/h}} = 107 \text{ W m}^2$$

Y, si seguimos con la misma relación en el resto de los habitáculos de la vivienda, se obtiene la Tabla III.

Y comprobamos que, dividiendo las 7.434 kcal/h totales de la Tabla III por 860 kcal/h, da como resultado 8,68 kW/h totales de potencia eléctrica.

Esta sería la potencia eléctrica necesaria para mantener la temperatura deseada y cubrir las pérdidas de calor propias de la vivienda; sin embargo, las curvas de carga y descarga de la figura 1 muestran que la disipación no es constante ni repartida. Por el contrario, tiene un ascenso máximo al terminar la carga y desciende con una pendiente de pérdida media de 200 W por cada cuatro horas aproximadamente, salvo que se efectúe la apertura de la trampilla.

Por tanto, el valor medio de los acumuladores se ha de repartir en el transcurso de las 24 horas del día interpolando entre sus puntas y descensos de disipación.

- Acumulador de 3,2 kW cede en ocho horas 25,6 kW.h
- Acumulador de 2,4 kW cede en ocho horas 19,2 kW.h
- Acumulador de 1,6 kW cede en ocho horas 12,8 kW.h
- Acumulador de 0,8 kW cede en ocho horas 6,4 kW.h

Valores diferentes al de capacidad de acumulación, que siempre está por debajo de un 8% aproximadamente.

Asimismo, se puede afirmar que en términos de salida en vatios medios por cada uno de los acumuladores de un día completo serían:

- 3,2 kW 25,6 kW.h 24h 1,4 kW.h
- 2,4 kW 19,2 kW.h 24h 1 kW.h
- 1,6 kW 12,8 kW.h 24h 0,7 kW.h
- 0,8 kW 6,4 kW.h 24h 0,35 kW.h

Obtenidas las potencias teóricas de cada habitáculo, y conocidas las potencias medias de los acumuladores más usuales, nos

| Tabla IV | | | | |
|----------------|-----------------|---------------|--------------|------------------|
| Area | P. Teórica kW/h | P. Real (20%) | Equipos | W/m ³ |
| Salón | 3,2 | 2,6 | 2 de 3,2 | 85,3 |
| Dormitorio 1 | 1,58 | 1,3 | 1 de 3,2 | 85,3 |
| Dormitorio 2 | 1,18 | 0,95 | 1 de 2,4 | 80 |
| Dormitorio 3 | 0,88 | 0,7 | 1 de 1,6 | 71 |
| Cocina | 0,74 | 0,6 | 1 de 1,6 | 64 |
| Aseo 1 | 0,47 | 0,4 | 1 de 0,8 | 64 |
| Aseo 2 | 0,37 | 0,3 | 1 de 0,8 | 80 |
| Pasillo | 0,24 | 0,2 | | |
| Totales | 8,68 | 7,05 | 17 kW | 75 med |

vemos obligados a la adaptación más próxima con los equipos de acumulación previstos. Es muy importante tener en cuenta que este tipo de calefacción está actuando todo el día y esto supone considerar un factor de reducción mantenido por la inercia térmica, que es diferente a la de otros tipos de calefacción que por ejemplo sólo están conectadas en intervalos de 12 horas máximo diarias. En este cálculo se ha considerado una reducción del 20% de pérdidas de calor en las paredes y techos de la vivienda.

El resultado del replanteo queda según la Tabla IV incluyendo el nuevo factor.

Así, por ejemplo, en la figura 3 puede observarse una disposición de equipos adaptado al resultado de la Tabla IV donde el pasillo se acondiciona por el calor de los habitáculos anexos que en algunos casos están dimensionadas por encima de los resultados.

Las posibilidades de regulación de los equipos permiten adaptar la potencia real a la teórica, y siempre es conveniente tener instalado un margen mayor de potencia real, ya que, con una buena regulación, no se desperdicia energía ni se modifican los valores de temperatura.

Los 75 W/m³ medios son un

dato importante a la hora de formarse una rápida idea de la potencia necesaria en una vivienda de características similares y de cualquier superficie.

Los costes de energía con precios en la fecha de realización de estas estimaciones, y sólo para la calefacción, ascenderían aproximadamente, por cada dos meses, a los siguientes:

- 17 kW x 8 horas x 15,55 pta kW/h x 0,55 de descuento tarifa nocturna = 1.163 pta/día
- 1.163 pta/día x 60 días = 69.788 pta bimensual, a pleno rendimiento, sin impuestos ni alquiler de equipos de medida (ejemplo de facturación en la figura 4).

Los costes de los acumuladores de la vivienda tipo que hemos analizado, en una calidad media, sin resistencias de apoyo incorporadas, serían de unas 300.000 pta, sin incluir el IVA ni tampoco la mano de obra del montaje, que depende mucho del tipo de instalación que exista.

5. Conclusiones

Con la determinación de la potencia eléctrica necesaria para calentar 1 m²/1 m³ de aire para

mantener una temperatura de confort, que depende del tipo de habitáculo de la vivienda, se permite un análisis práctico y rápido de los consumos necesarios que faciliten el razonamiento de coste de la factura eléctrica en los meses fríos y, a la vez, la posible comparación con el sistema de calefacción que tenga instalado o previsto en la actualidad.

Cuando la vivienda está acondicionada con una instalación eléctrica de tarifa doble, el montaje de acumuladores eléctricos no precisa de obras, con el ahorro de tiempo que ello implica, ni rompe la estética de sus decorados.

Este tipo de calefacción es efectiva las 24 horas del día.

