

***Por un tema de peso, los artículos técnicos llevan sólo el texto. Para poder ver las imágenes, ver en biblioteca virtual.**

La inercia térmica de los edificios y su incidencia en las condiciones de confort como refuerzo de los aportes solares de carácter pasivo

Preparado por J.A. Turégano, M.A. Hernández, F. García (Grupo Energía y Edificación) Dpto. de Ingeniería Mecánica, Universidad de Zaragoza. jat@unizar.es

1. Introducción

Con toda seguridad y en más de una ocasión, todos nosotros hemos experimentado una sensación de frescura agradable al traspasar, en una pesada tarde veraniega, el umbral de una casa solariega o de una ermita y penetrar en su interior umbrío protegido por espesos muros de piedra. En este caso el ambiente agradable, incluso fresco, es la consecuencia de superponer la respuesta de un edificio con una gran masa térmica, capaz de redistribuir las más bajas temperaturas nocturnas con las más elevadas de las caliginosas horas de feroz insolación. Todo ello superpuesto con un efecto de escasa captación de la radiación solar. En esencia, es la consecuencia de la ausencia de aportes y de que el edificio se encarga de “promediar” las temperaturas de la evolución diaria dando lugar a una temperatura casi constante en su interior igual o inferior a la media de la temperatura externa en ausencia de otros aportes. Además, con una humedad adecuada el efecto resultante caerá dentro del espacio de confort que un porcentaje superior al 90% de la población considera agradable (Fig. 1)

Las paredes de la envolvente refuerzan la sensación de confort proporcionando un equilibrio natural con la temperatura del aire ambiente. Como comentaremos más adelante, este equilibrio radiativo que supone para la persona ocupante un intercambio homogéneo y reducido de energía radiante con la envolvente es una condición clave del confort y es un resultado natural de los edificios con elevada inercia térmica cuando la temperatura interior de los cerramientos se aproxima a los veinte grados. Por así decirlo, las paredes se convierten en un radiador, o mejor en un intercambiador con el contenido, que dará o recibirá energía en función de la temperatura relativa de uno y otro. El efecto es el contrario al que recibimos en un espacio similar, en pleno invierno, y con un fuego de chimenea como único foco emisor. El desequilibrio entre una pequeña fuente radiativa y el resto de las superficies del entorno produce una clara sensación de discomfort, sensación que es frecuente aunque con menor intensidad con dispositivos de intercambio de reducidas dimensiones a poco que la temperatura de las paredes sea diferente de la del aire ambiente.

Lo anterior plantea varias cuestiones en relación con las variables físicas que definen el comportamiento señalado y con la aparente contraposición en el comportamiento agradable en verano y el descrito para el invierno y con el papel de la energía solar incidente. Intentaremos ir respondiendo a estas cuestiones en lo que sigue.

1.1 Algunas definiciones

Supongamos que un espacio determinado está cerrado por paredes físicamente distinguibles pero sumamente delgadas. La intuición nos dice que un cerramiento de esta suerte no ofrecerá apenas protección alguna respecto de las condiciones ambientales externas y, en ausencia de aportes auxiliares, la temperatura interior reflejará las variaciones de la temperatura exterior sin matizaciones.

La energía necesaria para mantener condiciones de confort será muy superior al caso de un cerramiento en el que hayamos añadido unos centímetros de material aislante.

Este comportamiento es la consecuencia de la capacidad aislante del cerramiento respecto de los flujos de calor a través del mismo. Identificamos esto como la resistencia al flujo de calor, y lo medimos para un material homogéneo de espesor e mediante el concepto de la conductividad λ

El coeficiente de conductividad λ se define como la cantidad de energía que atraviesa una superficie de 1 m^2 y un m de espesor cuando las temperaturas a ambos lados difieren en un $^\circ\text{C}$. Sus unidades en el sistema S λ serán el $\text{W}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$ que equivale a $0,86 \text{ kcal}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$

Para un cerramiento compuesto por capas paralelas podemos hablar de la resistencia global que equivaldrá, para esta configuración, a la suma de las resistencias debidas a cada capa, dependiendo éstas de su espesor y de su conductividad. El efecto combinado queda recogido por el denominado coeficiente de transmisión térmica de un cerramiento, K , que es la cantidad de calor que pasa por un m^2 del cerramiento cuando las temperaturas a ambos lados difieren en 1°C . Sus unidades: $\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$.

Cuanto mayor es este K más rápido se transfiere el calor a través del cerramiento. El símil que recoge la Fig. 2 nos ayudará a extender este comportamiento a otras situaciones. En dicha figura, 2.1, tenemos dos recipientes con diferentes alturas de líquido en su interior y comunicados por un conducto. El ritmo de líquido que atravesará el conducto es función de la diferencia de alturas (equivalente a la diferencia de temperaturas, Fig. 2.2) y de las características del tubo –rugosidad, longitud, sección-, en forma simplificada: del diámetro del tubo, cuyo equivalente en Fig. 2.2 será el valor de K . Conviene insistir en la idea anterior. Cuando hablamos de ritmo o velocidad a la que el líquido pasará de un recipiente a otro, nos referimos en el símil a la idea de que la conductividad y, en definitiva K , reflejan la velocidad de transferencia del flujo de calor de un lado del cerramiento al otro. Así, sea grande o pequeño el valor de K , ambos lados acabarán alcanzando la misma temperatura. La diferencia estará en el tiempo necesario para ello o en el ritmo del aporte que

compense la transferencia, si hay una fuente auxiliar para compensar las pérdidas o ganancias (calefacción o ventilación/refrigeración).

Así, si en invierno queremos mantener la temperatura del interior (altura del depósito a) pese a la transferencia de calor al exterior (trasvase al depósito b) debido a la menor temperatura exterior (menor altura del líquido en b) tendremos que aportar energía (líquido) que compense las pérdidas. Si estamos en verano y queremos mantener una temperatura interior por debajo de la más elevada del exterior tendremos que ingeniarlas para “vaciar” el depósito a compensando el flujo desde b (exterior).

Podemos preguntarnos ahora si todos los cerramientos con el mismo K se comportarán igual desde el punto de vista de pérdidas y velocidad de las mismas. La respuesta es afirmativa con lo dicho hasta ahora. Sin embargo hay algo más que esa velocidad y que no debemos olvidar.

Consideremos ahora dos cerramientos claramente diferenciados en cuanto al material pero con un espesor apropiado cada uno de ellos, de modo que ambos tengan el mismo valor de K, por ejemplo $0,7 \text{ W/m}^2\text{°C}$. El primero está constituido por un buen aislante ($l = 0,027$, densidad 50 kg/m^3) y el otro es un muro macizo de hormigón ($l = 0,9$, densidad 1700 kg/m^3). Su equivalente en el símil utilizado antes, para ambos casos, será el recogido en la Fig. 2.1 dado que tienen el mismo coeficiente K.

Por lo dicho hasta aquí, si estamos protegidos del exterior por uno u otro de modo que en el interior haya 20°C constantes por aportes auxiliares y en el exterior 15°C , tendremos un perfil de temperaturas en el interior del cerramiento con una pendiente constante, olvidando el pequeño efecto que provoca la convección en las superficies, desde 20°C hasta 15°C . El flujo de calor hacia el exterior tendrá el mismo valor: si el cerramiento al exterior tiene 12 m^2 , cada hora se perderán:

Hasta aquí no hay diferencias y ambos cerramientos son equivalentes. Sin embargo, si en el exterior empieza a bajar la temperatura, de modo que en varias horas alcance los 5°C , es posible apreciar ya las diferencias. En las Figs. 3-1 a 3-4 se recoge el perfil de temperaturas en ambos cerramientos, obtenido mediante simulación con el programa ATC para análisis y simulación del comportamiento térmico de cerramientos. Puede comprobarse que el perfil de temperaturas en el interior muestra lo que podríamos llamar un efecto tampón que se superpone al perfil de transferencias cuando las T en ambas caras del cerramiento se mantienen constantes. Este efecto es consecuencia de la capacidad de almacenar energía que tiene el cerramiento considerado. Esta capacidad es proporcional a la masa del cerramiento y al calor específico del material. Así, las propiedades a considerar, en relación con este efecto, serán la densidad, que para un volumen dado es determinante de la masa, y el calor específico que determina cuanta energía acumula un material por kg y $^\circ \text{C}$. Para los materiales de la Fig.3, al aislante le corresponde un c_p de $1,2 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$, y al hormigón un c_p de $0,8 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$. Vemos que el segundo tiene una capacidad de almacenamiento varias decenas mayor que el primero para una misma capacidad aislante.

2. La inercia de un cerramiento

2.1 Definición y efectos ante perturbaciones en una de sus caras o en ambas

Para entender bien las implicaciones de lo anterior volveremos al ejemplo de vasos comunicantes antes utilizado. A las dos cámaras representando el ambiente interior del cerramiento y el exterior, deberemos añadir ahora el efecto de acumulación del cerramiento definido arriba. Es lo que recoge la Fig. 4., para un cerramiento de Termoarcilla, material que combina, por su estructura de alvéolos y su composición, un buen nivel de aislamiento distribuido muy homogéneamente que se combina con masa con elevada inercia. Si es en este caso estudiamos una situación de cambio, situación dinámica, como supone que la temperatura exterior fluctúe entre un valor máximo y un mínimo, que es la situación habitual de variación diaria de la temperatura ambiente.

El efecto es la combinación de diferentes ritmos: por un lado está la rapidez con la que cambia la Text y por otro la rapidez de trasvase de energía entre un “depósito” (el recinto interior) y otro (el exterior), todo ello modulado por el efecto de llenado-vaciado del depósito intermedio (el cerramiento). En estos ritmos intervienen varios coeficientes: la conductividad del cerramiento: a mayor valor se producirá una tendencia más fuerte al equilibrio entre niveles en los tres recintos. Además está la capacidad del recinto intermedio: cuanto mayor sea ésta mayor será el efecto de distorsión en el ritmo de transferencia. Por así decir, a la fuente que cede calor, por ej. el recinto interior, le costará más o menos tiempo transferir energía al exterior en función de las condiciones previas del cerramiento. Por lo mismo, en esa transferencia se podrá ver ayudada por la propia energía del cerramiento, si éste estaba lleno y, después, será el ambiente externo el quien ayudará a volver a llenar el cerramiento si sube su temperatura en forma apropiada. Es evidente que la situación real presenta un conjunto de posibilidades cuyo análisis teórico exige la resolución de ecuaciones de transferencia planteadas como función del tiempo, ecuaciones diferenciales, y no ecuaciones estáticas como la (1), válidas sólo para analizar comportamientos integrados en el tiempo, comportamientos promedio.

Todo esto queda reflejado de forma más apropiada en la Fig. 5 que recoge el efecto del cerramiento distribuido en una combinación de vasos comunicantes. En función de la historia precedente de distribución de temperaturas en el cerramiento y de la evolución de temperaturas interior-exterior pueden encontrarse distribuciones tan variadas como recogen las figs. 5-1 a 5-4 siendo su efecto acumulativo diverso en función de los valores de K y de inercia térmica así como del comportamiento de pérdidas (o ganancias si estamos en verano) en el resto de cerramientos

A modo de resumen, en un cerramiento son magnitudes importantes el coeficiente K que mide el mayor o menor ritmo de transferencia de calor a través del mismo y que es proporcional a la diferencia de temperaturas que el cerramiento percibe entre sus caras, y su masa térmica (combinación de masa y calor específico medio), que identifica la capacidad de modular el mecanismo de transferencia de calor modificando la temperatura efectiva que percibe cada una de las caras del cerramiento.

La manera de medir este comportamiento es mediante dos parámetros relacionados con la transferencia de calor a través del cerramiento cuando en el exterior tenemos una señal de carácter variable como muestra la Fig. 6 que recoge el comportamiento de un muro ligero frente a uno pesado. Cuando se combinan señales variables en el interior y en el exterior que no corresponden a variaciones más o menos sinusoidales tenemos resultados en los que el muro puede ser emisor o receptor simultáneamente de las dos zonas que separa.

Nos queda ahora considerar cómo afecta añadir aislamiento a un muro con capacidad de acumulación que es la situación más frecuente pues, en principio, la casi totalidad de cerramientos tienen una configuración multicapa de modo que alguna(s) de las capa(s) tienen una cierta capacidad de acumulación y otras asumen el peso de reducir el coeficiente K del conjunto. La Fig. 7 remite el análisis al símil manejado hasta ahora. Con él, la posición del aislamiento viene reflejada por la mayor resistencia al flujo de líquido (calor) que supone el tubo más alargado y estrecho. Hemos elegido dos configuraciones extremas en el sentido de que el aislamiento se ubica en una u otra de las caras del cerramiento.

Veremos luego la importancia del comportamiento que refleja la Fig. 7. Procede ahora analizar los resultados experimentales obtenidos tanto en viviendas con un funcionamiento definido por usuarios con perfiles y hábitos diferentes y los obtenidos en células de laboratorio en las que es posible definir y controlar las condiciones internas del habitáculo.

2.2 Amortiguamiento y desfase: el caso de la Termoarcilla. Medidas experimentales realizadas en células de laboratorio

Como hemos analizado antes, en un cerramiento sometido a las condiciones ambientales (radiación solar, temperatura y viento) se produce una transferencia de energía en régimen dinámico, produciéndose un retraso a la vez que un amortiguamiento de la onda de temperatura que penetra desde el exterior hacia el interior.

Este fenómeno de retraso se aprecia en mayor grado en verano sobre todo en fachadas expuestas a una elevada captación solar, siendo interesante que el pico de máxima temperatura que llega al interior del edificio presente un desfase suficiente

como para poder ventilar nocturnamente la vivienda y no notar el momento de máxima transferencia de energía al interior.

Para analizar el comportamiento térmico de un muro de alta inercia (Termoarcilla 29 cm) y otro de baja inercia se han construido dos células laboratorio, que se han ubicado en una zona próxima al Centro Politécnico Superior de Ingenieros de Zaragoza, carente de sombreado. En la Fig. 8 se incluye una fotografía de las células con el aspecto final.

El objetivo de las mediciones realizadas pretende obtener la caracterización dinámica de ambos muros (retardo y atenuación).

Las células tienen forma prismática, con unas dimensiones exteriores de 2,2 x 1,8 x 2,5 m (anchura, profundidad, altura). De los seis lados con que cuenta, cinco de ellos están constituidos por un cerramiento de 16 cm de poliestireno expandido tipo II recubierto con dos capas metálicas protectoras.

Los dos muros analizados se han construido en la fachada sur de las células, estando constituidos por los siguientes materiales (de interior a exterior):

Para analizar la transmisión de energía se han colocado a diferente profundidad sondas de temperatura protegidas con vainas metálicas entre las capas que lo constituyen y un fluxómetro superficial interior en cada muro.

2.3 Transferencia estática y dinámica

Para caracterizar un cerramiento se emplea habitualmente el valor de su coeficiente de conducción (K) en régimen estático, sin embargo el cerramiento se le somete a condiciones dinámicas.

A continuación se muestran los resultados de diferentes ensayos que han permitido obtener los coeficientes de transmisión, verificar la alta inercia térmica del muro de Termoarcilla y la mejora del confort interior que se obtendría en una vivienda con esta tipología de cerramiento.

Con calefacción intermitente con el cerramiento de Termoarcilla se crean condiciones de mayor confort respecto al cerramiento de doble hoja, al producirse en el muro de Termoarcilla menores variaciones de la temperatura superficial interior.

En la Fig. 10, se muestran los resultados de una semana de calefacción intermitente en la que se comprueba como por las noches las temperaturas superficiales interiores son superiores para el muro de Termoarcilla. La diferencia media máxima de las temperaturas superficiales es de 3,0° C con una desviación típica de 0,5° C, mientras que para todo el periodo (diurno y nocturno) de calefacción intermitente la diferencia media de la temperatura superficial ha sido de 0,4° C. La diferencia de temperaturas es máxima antes de que se produzca el encendido de la calefacción.

Con la Termoarcilla se produce mayor confort térmico por la noche, tanto por la mayor temperatura radiativa del cerramiento como por la temperatura ambiental de la célula. Una ligera desventaja que presenta la Termoarcilla es que, cuando se enciende la calefacción, necesita un intervalo de tiempo mayor para acercarse a la temperatura interior de la célula debido a su mayor inercia. Si se fija como condición de estudio el retraso de tiempo en alcanzar una temperatura superficial interior un grado inferior respecto a la termostática de la célula, en la monitorización realizada, se han obtenido valores medios de retraso de 1,8 horas, valor que se confirma al analizar el amortiguamiento y el desfase de los cerramientos, como se mostrará posteriormente. Estos detalles se pueden verificar en la Fig. 11, en la que se muestra tan sólo un día de monitorización con calefacción intermitente.

Como confirmación de los resultados de consumo experimentales para diferentes periodos y uso, se han generado para los cerramientos de las células (doble hoja 0,51 W/m²K y Termoarcilla 0,77 W/m²K) varios modelos de simulación de las células con la aplicación de cálculo dinámico TSBI3 del Danish Building Research Institute, obteniéndose valores de consumo ligeramente inferiores a los experimentales pero que permiten concluir también que la inercia no modifica el consumo de calefacción en régimen continuo.

Este consumo ligeramente inferior es debido, según Lomas K.J. et al (1997), a que los programas de simulación calculan con flujo de energía perpendicular a los cerramientos, no teniendo en cuenta las pérdidas en las aristas, que son más conductoras. El análisis experimental confirma que la inercia con calefacción continua no mejora apreciablemente el comportamiento ni de consumos ni de temperaturas radiantes ni ambientales. El artículo de Demirbilek F.N et al (1996) corrobora el resultado obtenido experimentalmente en las células.

Otra comprobación de este resultado aparece en el libro de Fundamentos Técnicos de la CEV (1999), los autores plantean que la variación del comportamiento de un cerramiento con inercia interior es muy pequeña para climas fríos, (Zaragoza entraría en esta clasificación), mientras que para climas cálidos (Málaga, Sevilla, etc) para muros con orientación S, SE y SO las pérdidas a través del cerramiento pueden ser hasta un 10% inferiores. Para el caso de verano analizado en la anterior referencia, los autores manifiestan que la inercia muestra menos ahorros energéticos, despreciándose el efecto de la inercia térmica. Este resultado teórico corresponde a un análisis en que las condiciones internas toman valores más restrictivos que los que pueden considerarse como confortables para el 90% de la población. Los resultados indican por el contrario que, desde el punto de vista del confort, la anterior aseveración no se cumple por cuanto el enfriamiento nocturno aprovechado por la inercia térmica puede contribuir a que las condiciones de confort se mantengan sin soporte mecánico la mayor parte del día o incluso todo él.

La potencia máxima que el sistema auxiliar tiene que suministrar en la célula de Termoarcilla es un 17,1% inferior, existiendo además un desfase de cerca de dos horas entre los instantes de potencia máxima en ambas células. El artículo de Demirbilek F.N et al (1996) vuelve a corroborar este hecho, que aparece al tener mayor inercia un cerramiento.

Si se analiza la transferencia de energía sólo de los muros, la necesidad máxima se produce en el cerramiento de Termoarcilla que tiene un coeficiente de pérdidas de conducción un 33,3% superior. Si en vez de tener un muro de doble hoja de $K=0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$, éste tuviera un $K=0,77 \text{ W/m}^2\text{K}$, se podría comparar la potencia máxima de pérdidas entre este último y el cerramiento de Termoarcilla. Este análisis, forzosamente

teórico, se ha realizado para los ensayos practicados en el periodo 23 a 29 de abril del 2002, aumentando un 36% las pérdidas del muro de doble hoja, obteniéndose como conclusión que el muro de doble hoja equivalente al de Termoarcilla necesitaría una potencia superior con un valor similar al obtenido en el ensayo de consumo de células realizado en la primera mitad de marzo de 2001, con valor medio de 17,1%.

En la Fig. 12, se muestra la menor amplitud de la potencia de calefacción para la célula con el muro de Termoarcilla (mayor inercia) y el desfase existentes obtenidos en el ensayo realizado entre el 1 al 13 de marzo del 2001. Un hecho importante, verificado en la experiencia, es que la potencia máxima necesaria en la célula de Termoarcilla es un 17,3% inferior, con una desviación típica de un 3%. Este resultado demuestra la mayor inercia del muro de Termoarcilla, ya que cuanto mayor es la inercia térmica menor es la potencia máxima necesaria auxiliar.

Conviene insistir en que este resultado puede considerarse aun más significativo si se comparan dos muros con coeficiente K similares y no con una diferencia de casi un 40% que corresponde a los valores experimentales, diferencia consecuencia de una limitación en la información de partida.

El efecto de la inercia sobre la potencia media consumida aparece recogida de manera explícita en la norma DIN 4701 (1983), en la que se plantea un aumento de la temperatura exterior de diseño a la hora de determinar la potencia del sistema auxiliar de calefacción cuanto mayor sea la inercia del edificio. La Fig. 13, muestra la evolución de la potencia de calefacción para varios días, comprobándose como es menor la potencia máxima para la célula de Termoarcilla.

2.4 Comportamiento dinámico

Cuando un cerramiento se le somete a unas condiciones climáticas con oscilaciones de la temperatura exterior y de la radiación solar, la temperatura interior de la célula (o vivienda) sigue un comportamiento que es reflejo de las condiciones exteriores, modificadas por el operador térmico que es el propio muro.

Con elevada temperatura y radiación la temperatura exterior del cerramiento se eleva produciéndose un flujo de energía hacia el interior del muro. Si se gráfica la evolución de temperatura en la cara exterior del cerramiento se obtiene una onda caracterizada por una amplitud máxima y por un instante en el que se produce la temperatura máxima, que es función de la orientación del cerramiento.

Esta onda de temperatura atraviesa el muro y se va amortiguando en cuanto a amplitud, surgiendo además un desfase entre temperaturas máximas.

μ : medida del amortiguamiento del cerramiento: a menor valor mayor es el amortiguamiento.

Asup_int: diferencia máxima de temperatura superficial interior de un cerramiento a lo largo de un día

Asup_ext: diferencia máxima de temperatura superficial exterior de un cerramiento a lo largo de un día

Un muro de gran espesor y construido con un material de alta densidad, tendrá una inercia elevada, frente por ejemplo a una pared con gran aislamiento y poca masa de material pétreo.

Cuanto mayor es la inercia de un cerramiento mayor es el desfase y más amortiguamiento de la onda se produce. La inercia está relacionada con el peso del cerramiento, ya que el calor específico de los materiales de construcción es similar, estando directamente relacionada con la densidad y el espesor de las capas que lo constituyen.

Cuanto mayor es el espesor del muro, mayor será el amortiguamiento y el desfase. Este proceso es más complejo, puesto que intervienen una serie de perturbaciones, como la radiación solar que entra en el interior a través de los huecos, la ventilación natural o cualquier fuente calor interna, que modifican la onda de temperatura interior del cerramiento con lo que distorsionan el valor de la amplitud superficial interior y el desfase característico del cerramiento.

En las células se puede estudiar el amortiguamiento y el desfase de los cerramientos, ya que no existen fuentes de perturbación como serían las ventanas o la ventilación. Si además se eliminan los aportes internos (calefacción o refrigeración) se pueden obtener los parámetros característicos. El ensayo de comprobación del amortiguamiento y el desfase se realizó en septiembre, dejando en evolución libre las dos células.

En la Fig. 14, se muestran las curvas de la evolución de temperaturas superficiales internas de los muros de Termoarcilla y de doble hoja, para las temperaturas externas se tiene similares curvas de temperatura ya que los dos muros presentan la misma absorción solar.

El cerramiento de Termoarcilla presenta mayor amortiguamiento que el de doble hoja (27,7% inferior), mientras que el desfase en el muro de Termoarcilla es superior (1,7 horas más). En la tabla 3, se muestran los valores obtenidos para ambos cerramientos.

Estos dos parámetros indican que el muro de Termoarcilla frente al de doble hoja es mejor desde el punto de vista térmico, realizando un mayor amortiguamiento frente a

las oscilaciones exteriores a la vez que se retrasa el valor máximo de temperatura interior. Comprobándose por lo tanto su mayor inercia térmica.

2.5 Análisis del comportamiento de diferentes cerramientos en viviendas con diseño bioclimático

En Residencial Parque Goya se han monitorizados diversos cerramientos con características constructivas diferentes, alguno de estos muros estaba constituido por bloques de Termoarcilla de diferentes espesores.

En las figuras siguientes se muestran los tres edificios monitorizados de la urbanización, en ellos se registraban las evoluciones de temperaturas de muros de las fachadas sur en contacto con el exterior y en muros de separación con galerías acristaladas.

En las viviendas se comenzó la monitorización permanente desde octubre de 2000, registrándose datos cada 10 minutos.

En la tabla 7, se muestran los resultados de caracterización dinámica (amortiguamiento, desfase) de los cerramientos monitorizados, extraídos del periodo Febrero a Septiembre de 2001.

Los resultados anteriores indican que los cerramientos con Termoarcilla y aislamiento exterior, presentan un amortiguamiento más acusado y un mayor desfase que un muro equivalente térmicamente (columnas 2, 3 y 4). La tabla muestra el buen comportamiento de estos muros de alta inercia, mejores desde el punto de vista de la transferencia dinámica de energía en los edificios.

2.6 Caracterización del comportamiento con elevada inercia térmica

Los efectos de la inercia térmica de los cerramientos que envuelven un habitat, superpuestos a otros aportes o cesiones de energía en el interior del mismo, pueden conducir a aprovechamientos optimizados como los recogidos arriba o a situaciones perjudiciales en función de la integración aislamiento-inercia térmica. Ya hemos señalado en el apartado anterior algunos resultados positivos. Señalaremos ahora algunos de las circunstancias negativas consecuencia de una mala comprensión del concepto.

Hemos visto que la ubicación de la inercia en el interior del cerramiento de modo que el aislamiento quede en el exterior tiene claras ventajas en cuanto a la potencia media de consumo, estabilidad de la temperatura interior y confort correspondiente.

Sin embargo hay circunstancias en las que no es conveniente esta caracterización de los cerramientos y que se corresponden con aquellos casos en los que se busca una rápida respuesta del sistema auxiliar energético o cuando se presentan variaciones muy importantes en el aporte de algunos términos del balance del edificio relativas al resto de los términos.

Un ejemplo del primer caso mencionado es el de viviendas de uso ocasional (fin de semana) en particular si el clima es frío. Una alta inercia de los muros puede implicar que cuando la temperatura superficial de éstos alcance un valor aceptable creando una envolvente de temperatura radiante positiva desde el punto de vista del confort se haya agotado el tiempo de estancia y la alta inercia sólo haya contribuido a un gasto extra de calentamiento de muros que volverán a enfriarse en el periodo desocupado subsiguiente.

Un segundo caso es el de espacios públicos con una elevada variabilidad en el índice de ocupación. En este caso, si la temperatura superficial de los muros con alta inercia debe contribuir al confort en el momento de baja ocupación, la inercia repercutirá en un consumo extra de eliminación de los excedentes energéticos aportados por el incremento del nº de personas, produciéndose la paradoja de que sea necesaria la refrigeración asistida aun en invierno. La situación será opuesta en verano donde los muros enfriados en la noche podrán contribuir a reducir la necesidad de esta refrigeración auxiliar. Sin embargo, el efecto invernal es altamente indeseable y el diseño deberá incorporar elementos que sepan aprovechar la inercia en ambos contextos.

3. El comportamiento de un cerramiento de Termoarcilla como apoyo a los aportes de energía solar en una edificación

3.1 Descripción de la filosofía

A mayor inercia térmica en el edificio mayor captación solar se podrá aprovechar sin sobrecalentamientos en las estancias. De modo similar, en el uso de calefacción intermitente, desconectada a lo largo de la noche, la temperatura interior desciende más lentamente.

Givoni B. (1991) analizó la capacidad útil de aprovechamiento solar que tiene un edificio en relación con su inercia térmica. Hay que tener en cuenta que el exceso de acristalamiento no conduce a mayores ahorros energéticos ya que se producen situaciones incómodas de sobrecalentamientos debiendo recurrir a la ventilación.

En la Fig. 18, se muestra el efecto combinado de la inercia y el aislamiento de un edificio respecto al porcentaje de acristalamiento en la fachada sur. El coeficiente BLC representa el coeficiente global de pérdidas del edificio por grado de temperatura

(Wh/K día) y DHC es la energía que es capaz de almacenar el edificio por unidad de superficie durante el día y devolverla por la noche (Wh/m² día).

Las curvas de la figura, muestran 4 casos diferentes en los que se ha combinado un mal coeficiente de pérdidas con la mayor capacidad (caso 1), con la menor capacidad (caso 2) y un edificio mejor aislado con capacidad alta (caso 3) y baja (caso 4).

En los edificios con mayor aislamiento (caso 3 y 4), conforme aumenta el área del acristalamiento saturan el ahorro solar de forma más significativa respecto a los casos de menos aislamiento.

Para que se produzca el máximo aprovechamiento solar y por lo tanto un elevado ahorro energético, es interesante construir los cerramientos con elevada inercia térmica, siendo un muro que presenta estas características el de Termoarcilla de 29 cm.

Resultados en Barrio Goya

En los tres edificios de la urbanización Residencial Parque Goya de Zaragoza se ha realizado una actuación especial, mejorando respecto de otros edificios de la urbanización los niveles de aislamientos, captación solar, sistemas auxiliares, etc. El objetivo del proyecto era verificar lo adecuado de las medidas incorporadas y su viabilidad económica, pudiendo utilizarse estos resultados en futuras actuaciones tanto en urbanismo como para diseño de viviendas bioclimáticas.

En los tres edificios monitorizados se ha incluido calorímetros digitales para la medición del consumo energético de calefacción de las viviendas, aunque en principio sólo hacían falta en las viviendas a monitorizar.

En la tabla 8, se incluyen los consumos medios de los tres edificios del proyecto.

Para comparar el consumo de calefacción de los edificios de Barrio Goya se ha utilizado 542 viviendas de alta calidad de Zaragoza, que cuentan con instalaciones colectivas con contadores de consumo de calefacción individuales.

El consumo de calefacción anual medio por edificio es de 41 kwh/m² superior en un 63% al consumo de los dos edificios de bloques de Barrio Goya (P-4 y P-11), con un consumo medio de 25 kwh/m². Conviene precisar que este consumo se reduce aun más si eliminamos del cálculo las viviendas con nulo aprovechamiento solar debido a su orientación (norte con cuádruple crujía).

Los datos de consumo de estos edificios han sido facilitados por la empresa Viterra Energy Services, colaboradora en el proyecto Thermie 178/95 de Barrio Goya y las fotografías adjuntas muestran la tipología de alguno de los edificios de la comparación.

4. Bibliografía

Dermirbilek F.N., Yener C., (1996). A proposal for correction values for winter outdoor design temperatures.

Solar Energy vol 57, No 2, pp 111-116.

Givoni B. (1991). Characteristics, design implications and applicability of passive solar heating systems for buildings.

Solar Energy vol. 47 (6), pp 425-435.

Lomas K.J., Eppel H., Martin C.J., Bloomfield D.P. (1997). Empirical validation of building energy simulation programs.

Energy and Building vol. 26, pp. 253-275.

Ministerio Fomento, IDAE (1999). Fundamentos Técnicos de la Calificación Energética de Viviendas.

Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones.

Domínguez M., Herrera O., Álvarez I. (1985), Resolución de la ecuación de transmisión de calor en muros multicapa, aplicando la impedancia térmica. Publicación interna del Instituto del Frío. Madrid.

Antonopoulos K.A., Tzivanidis C, (1995). Time constant of greek buildings. Energy. Vol 20, No 8, pp 789- 802.

Janssen J.E. (1982). ASHRAE Trans. 88, 713.

Santamouris M. (1997). Passive cooling of buildings. Commission of the European Communities DG XVII.

Calefaccionar a través de Pellets o Biomasa

Preparado por ENERGÍA DEL SUR S.A

El desarrollo constante que Chile ha tenido dentro de las últimas décadas ha creado una demanda de energía que llevó a la matriz energética actual a sus límites de su capacidad. Chile, sin embargo, tiene amplias extensiones forestales y agrícolas

– un tremendo potencial energético – en un mínimo explotado para energía en forma sustentable.

El mundo ha cambiado – la biomasa aporta cada día más energía en la mayoría de los países del mundo. Utilizar biomasa como combustible en forma sustentable requiere tecnología avanzada, en caso contrario el impacto ambiental negativo prevalece sobre los beneficios por lejos.

La biomasa analizada de manera científica es toda materia orgánica susceptible de aprovechamiento energético. Pero, la realidad de la biomasa es más profunda: es la energía del futuro para un progreso sustentable. Es un vector energético que a corto plazo puede ser básico en nuestra sociedad, tanto desde el punto de vista energético y ambiental, como para el desarrollo socioeconómico de las zonas rurales.

4 razones para decidirse por las calderas a Biomasa.

-Alta demanda de calor en el siglo XXI.

El costo de adquisición de un sistema de biomasa supera por lo general el de un sistema de diesel o gas. En cualquier caso esta inversión se amortiza en pocos años gracias al menor coste de combustible y a la mayor vida útil de instalación.

- Campaña de protección climática.

Las autoridades locales o regionales pueden encontrarse inmersas en campañas dirigidas al desarrollo sostenible o la lucha contra el cambio climático. Las calderas de biomasa tienen balance neutro de carbono, ayudan a reducir los efectos del cambio climático mediante la sustitución de combustibles fósiles por fuentes renovables. Emplear un sistema de calefacción por biomasa no es sólo una forma efectiva de alcanzar los objetivos en cuanto a emisiones, sino también un modo de seguir avanzando hacia el desarrollo industrial.

-Amplia disponibilidad de combustibles.

Tanto si se trata de aserrín, virutas, corteza, pellets, astillas o cualquier otro combustible de biomasa, podrá ser utilizado para la producción de calor de modo ecológico y económico. Incluso, combustibles húmedos, almacenados al exterior, no

suponen un problema. Además la biomasa está disponible en la región sin grandes costos de transporte.

-Beneficio medioambiental.

Incluso si la decisión se basara solamente en el aspecto económico, se contribuye a obtener una mejora medioambiental:

- a. La biomasa tiene 100 veces menos emisiones de CO₂ que los combustibles fósiles.
- b. La biomasa es una fuente de energía renovable que prácticamente crece al lado de nuestra casa. Está siempre disponible y no causa catástrofes ecológicas.
- c. La biomasa crea puestos de trabajo locales, hace crecer el mercado regional y disminuir la dependencia de combustibles fósiles importados.
- d. La biomasa es la fuente de energía del futuro.

Las instalaciones de producción energética con biomasa se abastecen de una amplia gama de biocombustibles, desde astillas hasta cardos y pajas, pasando por huesos de aceituna y cáscaras de almendra. Esta heterogeneidad puede utilizarse para calefacción y producción de agua caliente en el sector doméstico, calor para procesos industriales y generación de electricidad.

En muchas ocasiones algunos de estos biocombustibles se transforman en pellets que facilitan su transporte, almacenamiento y manipulación. Estos no tienen olor, no se derraman, no producen fugas y no son inflamables. Su fabricación crea nuevos puestos de trabajo en el país y su combustión mantiene el equilibrio de CO₂ en la atmósfera constante.

Una caldera a biomasa de buena calidad llega sin ningún filtro adicional, muy por debajo de los valores exigidos por la norma que exige Santiago (Material particulado: menor a 28 mg/ m³) Tiene una eficiencia sobre el 90%, totalmente automáticas y elevada seguridad.

Hoy, la disminución de las temperaturas de Santiago y los altos costo del gas natural y del petróleo llevan a las calderas a pellets a ser una alternativa excelente de calefacción. Esto es principalmente por el bajo costo del combustible; pellets.

Otra ventaja es que las emisiones de las calderas y estufas están por debajo de las normas de Santiago, por lo que se pueden ocupar en días de preemergencia. También, pueden reemplazar cualquier sistema existente de calefacción.

Alternativas Energéticas en la Deshidratación de Fruta

Preparado por Francisco Miralles de SENA INGENIERÍA LTDA.

EJEMPLO PARA HORNO DE SECADO DE FRUTAS - CIRUELAS

Condición actual de funcionamiento

Se trata de un Horno de Secado con dos cámaras o pasillos en paralelo, en uno de ellos, un quemador a gas calienta directamente el aire interior de la cámara, el cual es aspirado por un ventilador axial e impulsado a través de las bandejas ubicadas al interior del otro pasillo llamado de carga.

El proceso de secado se produce calentado la fruta alojada en las diversas bandejas, la cual va entregando humedad al aire circulante que, a su vez, vuelve a ser aspirado por el ventilador previo paso por la llama directa del quemador.

Si la humedad ambiente supera el porcentaje deseado, una trampilla ubicada en la puerta de salida del pasillo lateral se abre, dejando escapar aire húmedo que es compensado con aire nuevo desde una abertura existente en la parte superior de la cámara y próxima al quemador.

CONDICIÓN DE FUNCIONAMIENTO ALTERNATIVA

Instalación de una unidad manejadora de aire (caja de ventilación con filtros y serpentín de agua caliente) al exterior de la parte superior del horno. La cual, provista de ventilador para introducir un 15% de aire exterior a la cámara de calentamiento y serpentín calefactor con agua caliente proveniente de batería de paneles solares, sea capaz de aportar gratuitamente una parte importante de la energía requerida para mantener la temperatura interior deseada. Introduciendo el aire caliente por la abertura existente en la parte superior de la cámara y cerca del quemador.

El aire introducido a la cámara antes mencionada, será precalentado por medio de la transferencia térmica en un recuperador estático de calor, ubicado también al exterior de la parte superior del horno, aprovechando la energía del aire de extracción, que, en proporción semejante al aire introducido, nos complementará el aporte energético gratuito asegurando el grado de humedad recomendado.

El aire de extracción, que entregará parte de su energía al aire introducido, será aspirado a través de abertura existente en la parte final del pasillo de carga, anulada en la actualidad, por medio de extractor que lo hará pasar a través del circuito correspondiente del recuperador de energía.

EQUIPOS E INSUMOS NECESARIOS

Recuperación de calor:

- Caja de extracción con ventilador centrífugo de simple aspiración, para un caudal de 7.900 m³/h y 30 mmca., y gabinete filtros lavables con eficiencia 55% ASHRAE.
- Recuperador de Calor Aire - Aire para 76 Kw., promedio.
- Caja de ventilación compuesta por Gabinete de Filtros lavables, con una eficiencia del 55% ASHRAE, y ventilador centrífugo para un caudal de 8.100 m³/h, diferencial de presión 30 mmca.

Aporte Energía Solar:

- Serpentin calefactor para 75.000 Kcal/h de acuerdo a lo siguiente:

Aire entrada: 52° C y 11 % HR – Aire Salida: 80° C y HR <10 %

Agua entrada: 95° C – Agua Salida: 65° C.

- Paneles solares, cantidad = 50
- Estructura para soportación de paneles.
- Bomba para recirculación de agua caliente:
2,5 m³/h v/s PD = f (circuito)
- Complementos Hidráulicos circuito agua caliente.

Inversión Sistema Recuperación de Calor (I1)

Suministro y Montaje Equipos (I1) = \$ 11.000.000

Inversión Sistema Aporte Energía Solar (I2)

Energías renovables como apoyo a la calefacción residencial: mitos y realidades de un mercado que se adapta al cambio tecnológico

Preparado por ANWO S.A. Unidad de Negocios Eficiencia Energética y Energías Renovables

Mucho se está hablando hoy en Chile de los nuevos sistemas que utilizan energías renovables para reducir considerablemente, el mayor de los gastos energéticos en una casa, la calefacción.

Esto es especialmente cierto si consideramos las alternativas tecnológicas que hoy existen en el mercado (paneles solares, bombas de calor, calderas de condensación, calderas de pellets, etc.) y que nos permiten sacar provecho de un potencial ahorro energético cada vez más significativo, sobre todo si comparamos con los costos actuales de los combustibles tradicionales.

La mayoría de las veces, incorporar estos sistemas a nuestras viviendas, conlleva una inversión no menor desde el punto de vista de su valor presente, aún cuando sabemos con certeza que estos sistemas alternativos, amigables con el medioambiente y energéticamente eficientes, se pagarán por sí solos en el mediano plazo, entregándonos por muchos años y en forma fiable, confort ambiental de calidad y bajo costo.

Sin embargo, los resultados esperados no están garantizados ni se verán reflejados en nuestros bolsillos, sólo porque compremos un sistema tecnológicamente avanzado, eficiente y de calidad.

Para que nuestras expectativas se vean cumplidas a cabalidad hay que considerar, al menos, dos factores de enorme relevancia al momento de una instalación para calefacción y que suelen ser subestimadas en nuestro mercado:

1. La Envoltente Térmica:

En esto no hay magia. Una vivienda o edificio que no cumpla con un nivel de aislación térmica adecuada, simplemente no responderá a las exigencias de confort ambiental de sus usuarios y un porcentaje no menor de la inversión, se convertirá en energía perdida al ambiente exterior. Las nuevas normativas para la construcción en Chile determinan trabajar con mayor cuidado los factores de aislación de una vivienda considerando, el uso de materiales que cumplan con los requerimientos. Aún así, nos encontramos lejos de los niveles de aislación térmica más adecuados para sostener en forma eficiente un sistema de calefacción de baja temperatura: el promedio de una

envolvente térmica tomando como base la nueva normativa, arroja un factor global de aislación cercano a 80w/m² en una vivienda de 90m², comparados con 56w/m² que es el estándar actual en Europa.

2. Calefacción de Baja Temperatura:

El gasto en calefacción suele representar la mayor inversión energética de una vivienda. La utilización de energías renovables como apoyo para la calefacción, conlleva los beneficios de trabajar a bajas temperaturas, es decir, calentar agua a 40°C para obtener una temperatura ambiente de 21°C, no como en los sistemas tradicionales en los que se debe calentar el agua cerca de 80°C con el consiguiente sobre costo en consumo energético, lo cual torna casi inviable el potencial de ahorro, por ejemplo, con energía solar.

Los sistemas de calefacción deben estar siempre diseñados para trabajar en baja temperatura.

En el caso de radiadores, máximo a 60°C y en el caso de piso radiante, máximo a 35°C. Con estos rangos de temperatura obtendremos un significativo ahorro de energía y el máximo rendimiento de los sistemas de energías renovables sin sacrificar el confort.

Si hacemos las cosas bien y planificamos adecuadamente el diseño de un sistema de calefacción, la incorporación de sistemas basados en energías renovables tendrá asegurado el camino para consolidarse en forma exitosa en nuestro mercado. Así también los usuarios verán sus expectativas de ahorro energético cumplidas y su entorno tendrá las condiciones de confort aseguradas.

Para ello, sin embargo, es necesario que todos los actores del mercado: arquitectos, proyectistas, instaladores y usuarios finales, entiendan correctamente y adopten, los conceptos y factores que determinarán la eficiencia (y por ende el ahorro) final, de un sistema de calefacción no tradicional.

Historia de la Calefacción

En Recknagel-Sprenger: Manual de Calefacción y Climatización. Editorial Blume, Madrid. Primera edición española N° 57 alemana de 1972.

Generalidades: objeto de la Calefacción

Generalmente se considera que el objeto de la calefacción es calentar en invierno los recintos habitados por personas. Dicho más exactamente, su cometido consiste en regular la pérdida del calor del cuerpo humano durante las épocas frías del año, calentando el ambiente con el fin de establecer un equilibrio térmico entre el cuerpo y el ambiente que le rodea para así obtener el máximo bienestar fisiológico-térmico.

Los factores que influyen sobre esta sensación de bienestar son en especial la temperatura del aire, la temperatura media de las paredes, la humedad del aire, su movimiento y el grado de depuración del mismo. La calefacción solamente influye sobre dos de estos cinco factores, a saber, la temperatura del aire y la temperatura media de las paredes (incluyendo los elementos radiadores). Ambos factores se consideran conjuntamente como la temperatura sensitiva. Los demás factores sólo podrán regularse mediante la instalación de climatización, la cual puede decirse que constituye el medio técnico más completo para la obtención de una perfecta ambientación del clima en el interior de los recintos.

Historia de la técnica de la calefacción

La forma más antigua de calefacción local fue, en todos los pueblos, el hogar abierto alimentado con leña, también utilizado para calentar los alimentos y cuyo principal inconveniente es la intensa producción de humo. Para evitar esta desventaja, los romanos hallaron el carbón vegetal, que se quemaba sin formación de humo en recipientes metálicos planos. Se trata del sistema de calefacción más generalizado en la edad antigua.

Partiendo del hogar abierto, en Alemania se desarrolló, aproximadamente a partir del siglo X, el hogar cerrado, es decir, un tipo de estufa con conducción hacia el exterior de los gases de combustión por medio de una chimenea. Al principio se trataba de estufas de piedra y arcilla, convirtiéndose a partir del siglo XIV en la estufa de azulejos. El uso de este tipo de estufa u hogar se encuentra todavía muy extendido en la actualidad, habiendo sido objeto de múltiples reformas en el transcurso del tiempo.

En el siglo XVII aparece la estufa de hierro, que también sigue empleándose en la actualidad, si bien convenientemente mejorada y modernizada. El desarrollo técnico de dichas estufas se centra hoy en un mejor diseño exterior, la regulación de la temperatura y la aplicación de carcasas que facilitan la transmisión del calor por convección.

Las estufas que utilizan como combustible gases o líquidos son de diseño especial; sólo aquellas que emplean aceites han obtenido una verdadera aceptación en los últimos años.

Desde hace pocos años se han desarrollado las estufas de acumulación con energía eléctrica nocturna, que son apropiadas para edificios antiguos.

Como primera calefacción central podemos considerar el hipocausto de los antiguos romanos:

Hogar situado debajo de la casa; combustible, leña o carbón vegetal, sin parrilla. Los gases de combustión se dirigían hacia el hueco existente debajo de la vivienda, produciendo un calentamiento del suelo y se hacían circular por uno o varios tubos o conductas radicado en las paredes. La salida era a través de unos orificios laterales, ya que no se utilizaban chimeneas.

En los primeros siglos de nuestra era se construyeron en Roma y su imperio muchas calefacciones basadas en hipocaustos de grandes dimensiones, como fueron los de las termas de Caracalla (211-217 d.C.) y de Diocleciano, así como los baños termales de la actual ciudad de Trento.

En el sistema de calefacción por canales no existía sótano, sino que los gases de escape circulaban únicamente por diferentes canales situados debajo del suelo. Una mejora mediante calefacción por aire exterior consistió en unas aberturas practicadas en el suelo y generalmente cerradas, que se abrían después de haberse apagado el fuego. Con ello podía conseguirse una mejor regulación de la temperatura.

Una construcción semejante fue la conocida en Alemania a partir del siglo XII bajo el nombre de calefacción de aire por piedras, o calefacción por estufa de piedras. Dicho sistema consistía en calentar capas de piedras por medio de un fuego de madera; al apagarse, cedían al local el calor acumulado en forma de calefacción por aire ascendente (castillo-convento de Marienburg, ayuntamiento de Luneburg, Fig. 2 que corresponde a la 212-2 del texto).

En los albores del siglo XVIII aparecen separados por primera vez, los circuitos de humos y de aire en las calefacciones por estufas a bases de aire, que se construían de mampostería y se ubicaban en el sótano.

Los humos ascienden por la chimenea. El aire se calienta en la pared exterior de la estufa y penetra por aberturas practicadas en el suelo al interior de las dependencias. Posteriormente se emplearían estufas de hierro. Los humos se hacen circular por tubos de hierro, mientras el aire caliente circula por la parte exterior o viceversa (calefacción de tubería en humos).

La calefacción a vapor se inició en Inglaterra aproximadamente hacia el año 1750. En principio las presiones de vapor empleadas eran de 1 a 2 Atm. Se utilizaban, bien en forma de tubos, tubos de aletas o serpientes. Más tarde pasa a utilizarse la calefacción de vapor a baja presión. Aproximadamente a partir de 1870 se utilizan caldera de fundición, por primera vez en los Estados Unidos. En 1880, y también en los Estados Unidos, empiezan a utilizarse radiadores de fundición. En 1895 aparece la primera caldera formada por elementos sueltos, construida por el ingeniero Strebél. Posteriormente se perfecciona este sistema de calefacción por medio de reguladores de la combustión, válvulas de regulación y calefacción mediante coque. Hermann Rietschel (fallecido en 1914), estudia la técnica de la calefacción. La primera calefacción urbana de gran envergadura se construye en Dresde en 1900 (distancia máxima, 1.040 metros en once edificios).

La Calefacción por agua caliente se construye por primera vez en Francia a mediados del siglo XVIII. Adquiere también una mayor difusión a partir de 1850 en Alemania. El sucesivo desarrollo de sus diferentes componentes se realiza paralelamente al de la calefacción por vapor. A principios del siglo XX adquiere un gran impulso debido a la utilización de bombas. En Alemania desplaza paulatinamente a la calefacción por vapor. La calefacción por agua caliente pasará a ser el sistema normalizado para viviendas y edificios comerciales, mientras que la calefacción por vapor se

generalizará en las fábricas. En otros países, especialmente en los Estados Unidos, la calefacción por vapor seguirá no obstante manteniendo toda su importancia.

La calefacción por agua sobrecalentada fue inventada en 1831 por el inglés Perkins (Calefacción Perkins). Consta de un circuito cerrado de tubería con tubos de gruesas paredes. Elevada presión de hasta 200 Atm. Se emplea principalmente por razones de tipo técnico. A partir de 1925 este sistema se utiliza en combinación con bombas de circulación, especialmente en Alemania. También se utilizan calefacciones de agua sobrecalentada a distancia con intercambiadores de calor. Dicho sistema representa una competencia muy seria para la calefacción por vapor a distancia.

La tendencia más moderna se caracteriza por la decisión de reducir los gastos de instalación y mantenimiento de las calefacciones a fin de conseguir una mayor economía y rendimiento. Las características principales de dicha tendencia son las siguientes:

- Nuevos tipos de elementos calefactores (convectores, radiadores de superficie, radiadores de zócalo, paneles radiantes).
- Mejoras en las calderas, especialmente en las de acero (calentamiento más rápido, rendimiento más elevado, manejo más sencillo, tipos de construcción de sobrepresión) ya viene con calentamiento de agua de consumo incorporado.
- Empleo creciente de aparatos de medida y regulación.
- Utilización en escala creciente de quemadores de petróleo, así como también en parte, de gas.
- Empleo creciente de la calefacción eléctrica.
- Difusión de la calefacción a gran distancia en las grandes ciudades.
- Instalaciones de calefacción por aire con inductores, en edificios de múltiples dependencias (edificios para oficinas, hoteles, etc.), así como instalaciones de climatización en diversos tipos de construcción. En un futuro aún un poco lejano, ofrecerá un gran confort la "calefacción eléctrica" con superficies interiores y vidrieras calentadas.

(Este texto es del año 1972 cierra con los avances que la calefacción exhibe en la actualidad, explicando por ello la antigüedad de algunos de los datos que contiene)

Instalaciones de Calefacción: bombas con control de presión y válvulas de equilibrado hidráulico dinámico

Preparado por Fernando Muñoz, Jefe de Ventas, TEMPER CLIMA S.A.

Con el fin de satisfacer los requerimientos más actuales de los clientes en la mejora de los sistemas de calefacción, y propiciar un mayor ahorro energético y un alto nivel de confort, se han desarrollado nuevas soluciones en el campo de las válvulas de equilibrado y, a su vez, nuevas bombas que incorporan su propio control de velocidad.

Uno de los principales problemas que sufrían las instalaciones de calefacción era el desequilibrio hidráulico, el cual, produce desequilibrios térmicos. Hasta la fecha, las bombas que habitualmente se montaban en este tipo de instalaciones eran las de caudal constante y, por norma general, suelen estar sobredimensionadas.

Afortunadamente, hacen su aparición en el mercado las nuevas bombas con control de presión que, junto a las nuevas válvulas de equilibrado dinámico, hacen que los desequilibrios hidráulicos desaparezcan de la instalación.

Con este propósito, Frese ha desarrollado una amplia gama de soluciones:

-Las válvulas de equilibrado dinámico que mantienen el caudal a pesar de las fluctuaciones de presión dentro de un rango de presión, comprendido entre 7 y 600 kPa.

-Las válvulas de equilibrado dinámico y reguladoras de presión diferencial que combinan el control de caudal así como el de la presión diferencial. Además evitan la posibilidad de que se produzcan ruidos en la instalación, cuando tenemos válvulas termostáticas.

Con estas válvulas podremos ajustar la bomba al punto de trabajo que requiere la instalación. Exactamente, a la mínima presión requerida por las válvulas de equilibrado dinámico (min. DP). Como consecuencia, obtendremos la desaparición del ruido, en el momento del cierre de las válvulas termostáticas, así como optimizar al máximo los costes de bombeo.

Ahora, el objetivo es combinar las opciones de tal manera que se establezca una interacción buena y funcional entre las válvulas de equilibrado y la bomba.

La bomba se selecciona en base al caudal nominal de proyecto (Q_1) y la pérdida de carga de la instalación (H_1). Esta situación no es constante, como por ejemplo en las instalaciones de calefacción con radiadores regulados por válvulas termostáticas. A medida que se alcanza la temperatura de consigna en las habitaciones, las válvulas termostáticas van cerrando, lo cual produce una reducción de caudal (Q_2). Esta reducción de caudal hace que la presión de la bomba incremente como se muestra en la Fig.1.

Si ahora consideramos los requerimientos del sistema, comparando la característica (a) del sistema con la característica de la bomba, Fig.2, podremos determinar que hay una considerable diferencia entre la presión suministrada por la bomba y la presión requerida por el sistema.

Este exceso de presión (DP) puede causar ruidos innecesarios en los radiadores con válvulas termostáticas. Esta es la razón por la que la válvula de equilibrado dinámico y reguladora de presión diferencial Frese S2+ se aplica en instalaciones que, además de un control de caudal, necesitan un control de presión diferencial.

La bomba más adecuada se selecciona en base al caudal nominal de proyecto (Q_1) y una pérdida de carga (H_1). Como se ha indicado en el ejemplo anterior, esta situación no es constante. Esta es la razón por la que se usan las bombas con control de presión. Estas bombas mantienen constante la presión mediante una reducción de caudal (Q_2), y consecuentemente H_1 será idéntico a H_2 .

Ahora, si consideramos los requerimientos del sistema, comparando las características del sistema (a) con las características de la bomba, Fig.4, podemos determinar que la diferencia entre la presión suministrada por la bomba y la presión requerida por el sistema es menor que en el ejemplo 1.

El exceso de presión DP es improbable que cause ruido. Bajo estas circunstancias, la bomba controlará la presión y la válvula Frese ALPHA de equilibrado dinámico podrá controlar el caudal en el emisor del circuito.

Como ya hemos mencionado, la bomba es seleccionada en base al caudal calculado (Q_1) y la pérdida de carga (H_1).

Las bombas con control proporcional de la presión están particularmente indicadas para los sistemas con pérdidas de presión sustanciales, ya que los ajustes de la de la bomba aseguran un óptimo funcionamiento del sistema maximizando la eficiencia y el ahorro energético.

Con el caudal reducido (Q_2), esta bomba producirá una menor presión (H_2). En cualquier caso, si la curva de presión de la bomba cae menos que la curva característica del sistema (a) habrá siempre un exceso de presión i:l.P asequible para las válvula de equilibrado dinámico.

La bomba controla la presión y la válvula de equilibrado dinámico Frase ALPHA controla el caudal en el emisor del circuito.