

**TITULO: SOLUCIONES INTEGRALES PARA LA PRODUCCION DE CALEFACCION Y/O A.C.S. PARA INSTALACIONES CENTRALIZADAS**

**AUTOR/ES: JAIME GIL CENTELLES / RAFAEL VIDAL**

**EMPRESA / ORGANISMO: ADISA CALEFACCION**

**(Artículos Doméstico-Industriales Calefacción S.L.)**

**1. INTRODUCCION**

Cada país miembro de la Comunidad Europea debe cumplir con el programa SAVE (directiva 93/76/CE, limitar la emisión de CO2 mediante la mejora de la eficiencia energética) y la directiva 2002/91/CE (eficiencia energética de los edificios), para poder cumplir con el compromiso medioambiental adquirido en el tratado de Kyoto.

En España, tanto el reciente Código Técnico de la Edificación (C.T.E.), como la inminente actualización del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) establecen unas prescripciones, tanto en edificios como en instalaciones, con el fin de aumentar la eficiencia energética y limitar las emisiones de contaminantes al medio ambiente.

La ponencia versará sobre las soluciones de integración de diversos sistemas y equipos para la producción de calefacción y/o A.C.S. en Instalaciones Centralizadas:

- Energías renovables: captadores solares
- Calderas a gas de alto rendimiento con tecnología innovadora
- Control para optimizar la gestión de los distintos equipos y tecnologías que intervienen.
- Otros equipamientos.

con la finalidad de lograr:

- Incrementar la eficiencia energética mediante un uso racional de las distintas tecnologías disponibles.
- Disminución de la emisión de contaminantes al medio ambiente.
- Mejora de la integración arquitectónica mediante mínima ocupación de la superficie construida utilizando equipos tecnológicamente innovadores.

todo ello acorde con los reglamentos y normativas antes citados.

Se aplicará sobre un ejemplo de rehabilitación de un edificio, realizado antes de 1975, de 48 viviendas, ubicado en Madrid. Edificación de 6 plantas, con cubierta plana (de 64 x 16 m). Datos de cada vivienda :

- Entorno a 100 m2.
- Emisores de calefacción: radiadores de hierro fundido.
- Dos baños completos por vivienda.
- 3 dormitorios.

## 2. CONSUMOS Y EQUIPAMIENTO

La instalación precisa de los siguientes servicios:

- Producción de Agua Caliente Sanitaria (en adelante A.C.S.)
- Calefacción

La potencia térmica útil necesaria para la calefacción: entorno a 390 kW.

Se parte del supuesto que la instalación original realizaba la producción de A.C.S. mediante :

- Acumulación: 2000 litros
- Potencia térmica: 100 kW (mediante calderas)

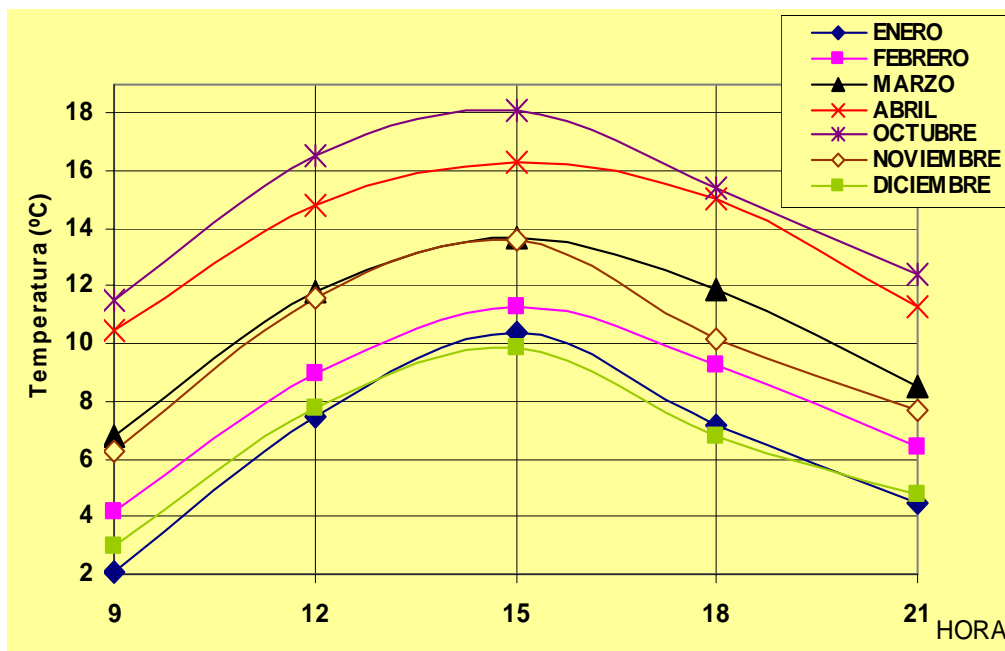
Se hace una exposición de los consumos energéticos precisados para ambos servicios así como un análisis de las opciones de equipamiento posibles y sus prestaciones energéticas y de emisión de contaminantes.

### 2.1 CALEFACCION

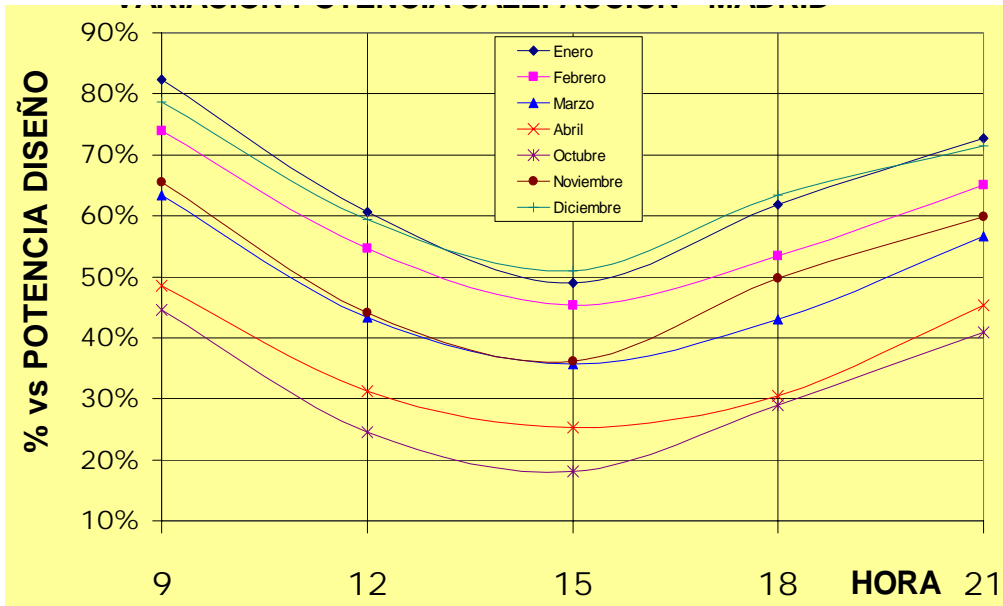
Se realiza un estudio anual de las necesidades térmicas de calefacción del edificio, considerando la demanda energética para cada mes de la temporada de calefacción y además según la variación media diaria (frecuencia trihoraria).

Se considera: una temperatura de confort interior de las viviendas de 21°C, transmisión térmica en: paredes externas, ventanas, paredes colindantes con otros edificios...

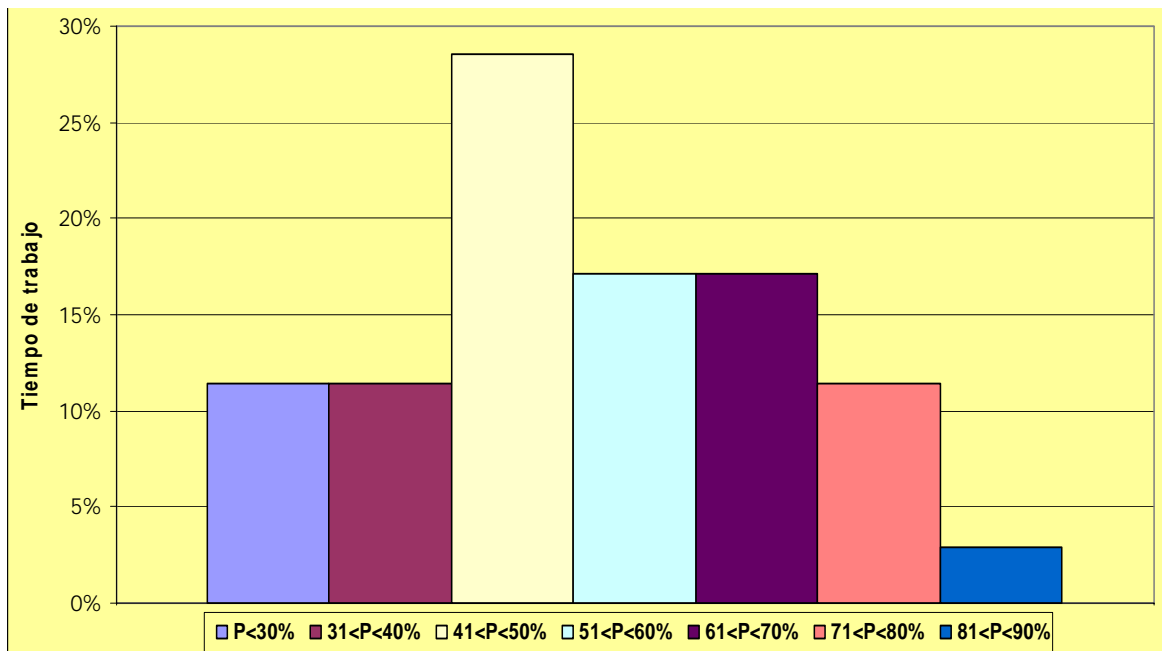
Para cada mes, la variación de la temperatura media exterior a lo largo del día resulta:



La variación de la demanda térmica diaria de la calefacción, tomando medias mensuales, resulta:

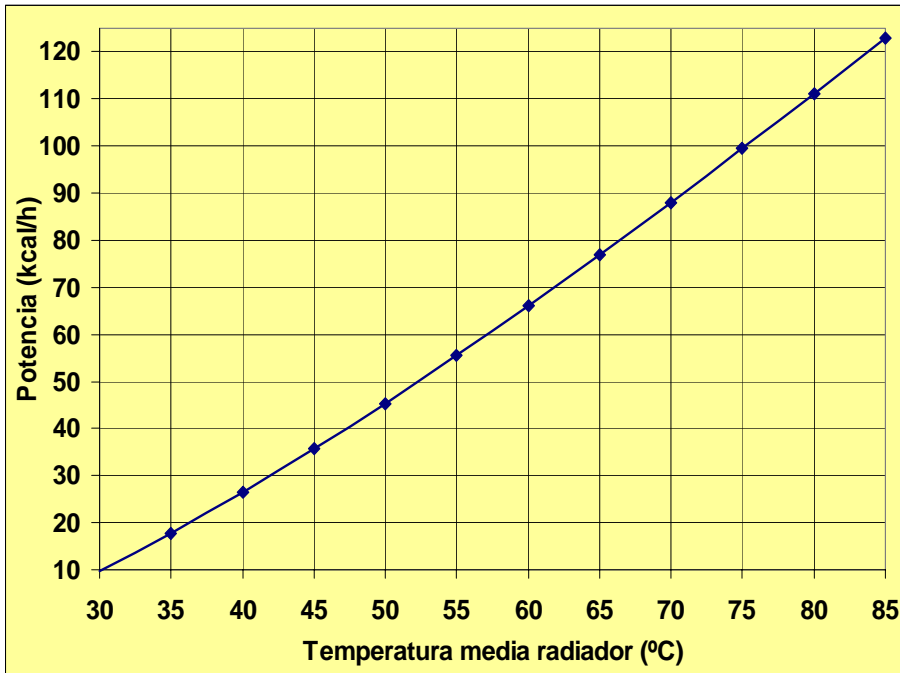


Lo anterior permite valorar la cuantía de tiempo según el porcentaje de demanda energética para la instalación de calefacción (respecto a la potencia total instalada):

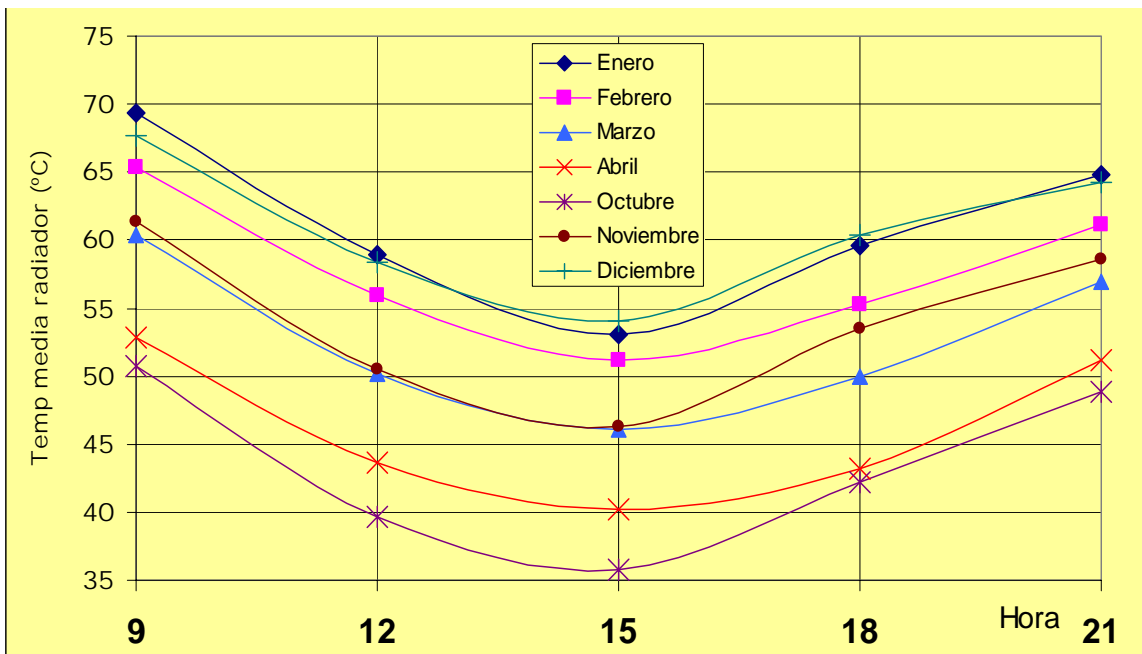


Lo que permite ver que: entorno un 28% del tiempo de uso, la instalación precisa una potencia entre el 41 y 50% de la total.  
Un 51% del tiempo, la instalación precisa una potencia inferior al 50% del total.

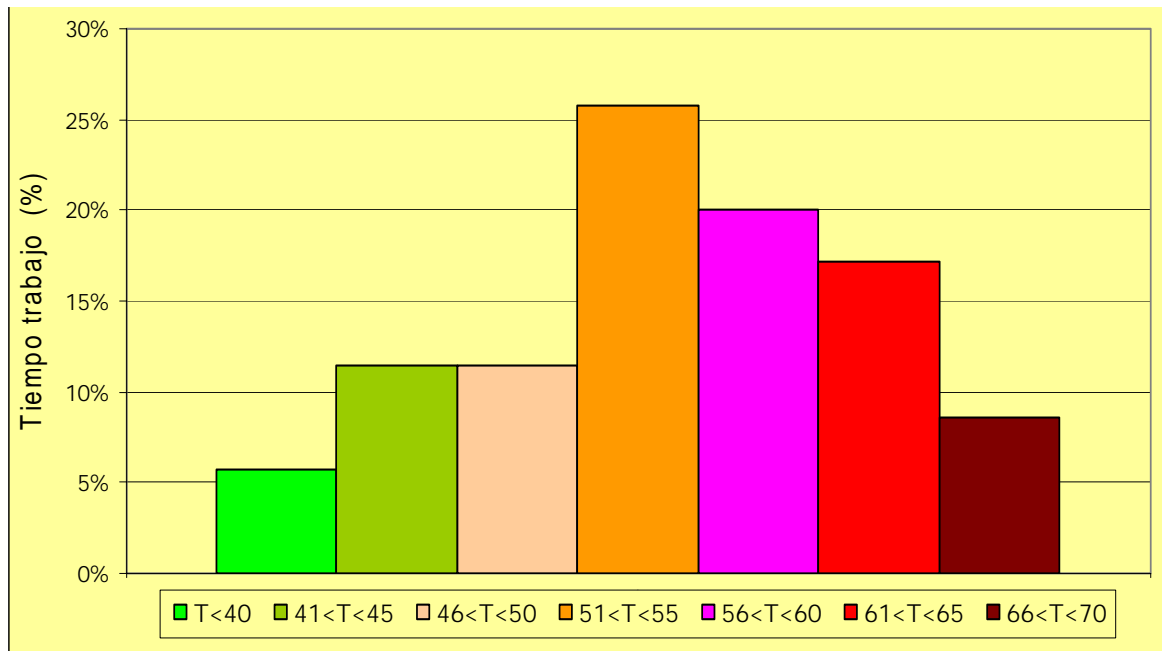
Considerando la emisión térmica de los radiadores instalados (de fundición, de 3 columnas y altura 80 cm), en función de la temperatura media de los mismos:



Para mantener la temperatura interna de confort, la variación de la temperatura media de los radiadores resulta:



Con ello se puede valorar la cuantía de tiempo a la que los radiadores están trabajando a una temperatura media determinada:



### 2.1.b) Equipos y generadores:

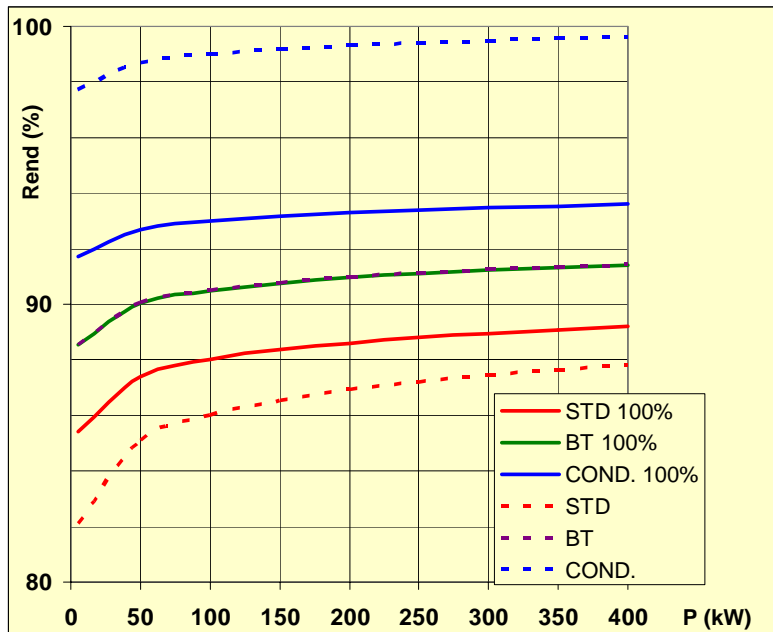
Para esta ponencia se han considerado varias opciones para producir la calefacción:

- Conjunto modular de calderas de fundición con quemador atmosférico
- Caldera clasificada como Baja Temperatura (modelo medio del mercado)
- Caldera clasificada como Condensación

Rendimiento mínimo de las calderas según su clasificación y potencia útil nominal: Real Decreto 275/1995 (transposición de la directiva europea 92/42/CE de rendimientos de calderas):

Potencia kW	Mínimo Rend. a carga total 100%			Mínimo Rend. a carga parcial		
	Estandar	Baja Temp.	Condens.	Estandar	Baja Temp.	Condens.
50	87,4%	90,0%	92,7%	85,1%	90,0%	98,7%
100	88,0%	90,5%	93,0%	86,0%	90,5%	99,0%
200	88,6%	90,9%	93,3%	86,9%	90,9%	99,3%
300	88,9%	91,2%	93,5%	87,4%	91,2%	99,5%
400	89,2%	91,4%	93,6%	87,8%	91,4%	99,6%

En la práctica, los rendimientos obtenidos por las calderas, superan los anteriores.



### Conjunto modular de calderas de fundición con quemador atmosférico



Clasificación conforme a su evacuación de humos (norma CR 1749: 1998), como tipo B11, tiro natural sin ventilador alguno.

Clasificación acorde con Real Decreto 275/1995 (transposición de la directiva europea 92/42/CE de rendimientos de calderas): usualmente estandar o baja temperatura.

Por módulo: Rendimientos a plena potencia y temperatura promedio de agua 70°C, entre 89 y 91%.

Para demandas de calefacción a potencia parcial, se deberá prever que una centralita de control de secuencia active tantos módulos como sea suficiente para equiparar la potencia producida por calderas con la requerida por la instalación.

Los módulos inactivos, tienen una pérdida de calor continua debida por la circulación de aire por su interior a causa del tiro natural de la chimenea.

La solución es que todos los módulos incorporen compuertas cortatiros automáticas, de modo que estén cerradas a caldera parada, evitando así las pérdidas térmicas debidas al tiro de la chimenea.



## Caldera de baja temperatura (según R.D. 275/1995: dir. 92/42/CE)

Clasificación conforme a su evacuación de humos (norma CR 1749: 1998), como tipo B23, tiro forzado mediante motor-ventilador.

Según R.D. 275/1995 (dir. 92/42/CE): Puede funcionar continuamente con una temperatura de retorno de 35 a 40°C (en determinadas circunstancias puede producir condensación).

Se considera quemador 2 etapas, primera etapa al 50 – 60% de la potencia.

## Caldera clasificada como condensación (según R.D. 275/1995: dir. 92/42/CE)



En este caso: clasificación conforme a evacuación de humos (norma CR 1749: 1998), como tipo B23, tiro forzado mediante motor-ventilador.

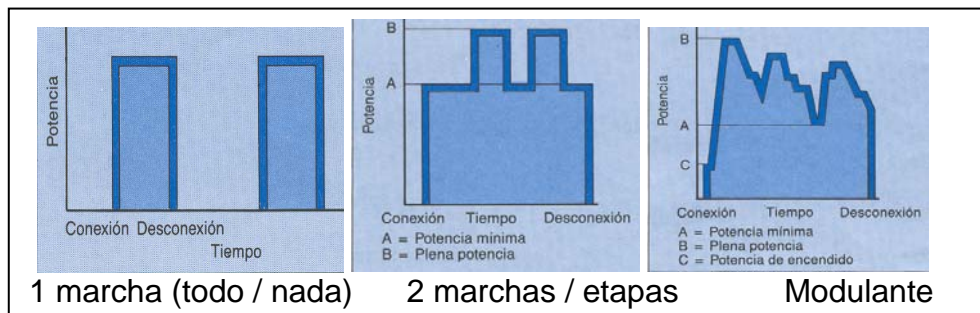
Cuerpo de transferencia: acero inoxidable.  
No tienen límite de temperatura de retorno.

Sus precios son elevados, con lo que su aplicación está supeditada al tipo de uso de la instalación y la amortización de dicha inversión frente a otras opciones.  
Se considera una opción con quemador modulante.

## Funcionamiento del quemador

El RITE prescribe que en función de la potencia de la caldera, el quemador puede funcionar del siguiente modo:

- Potencia inferior a 70 kW → 1 marcha o etapa
- Potencia entre 100 y 400 kW → 2 marchas o etapas
- Potencia superior a 400 kW → 3 marchas o modulante



Estimación de ahorro del quemador 2 etapas frente a 1 etapa: mínimo 5%,  
Estimación de ahorro del quemador modulante frente a 2 etapas: mínimo 3%

Como se ha visto anteriormente, durante un 51% del tiempo de uso, la instalación precisa una potencia inferior al 50% del total.

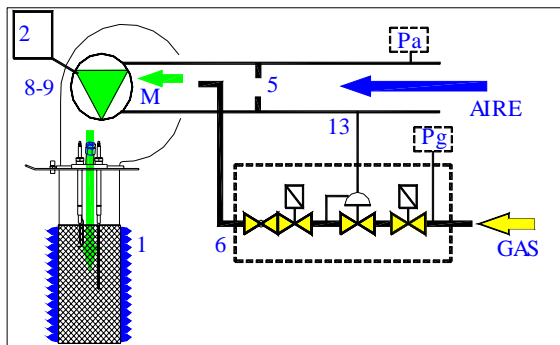
Por tanto:

- Mejor cuanto menor sea el escalón de mínima potencia de la caldera, con ello se reducen los paros/marcha de las calderas, y en aquellas clasificadas B22 ó B23, o sea, combustión forzada, cada arranque implica un gasto debido a la preventilación de la cámara de combustión (obligatoria por normas europeas).
- Mejor si el quemador es modulante, ya que se adecua la potencia de caldera a la demanda de la instalación, lo que permite una optimización del consumo de combustible.

Hay que considerar las tecnologías más recientes aparecidas en el mercado para quemadores modulantes de calderas con potencias hasta 700 kW:

La modulación de potencia se puede realizar mediante:

- Variación del caudal de aire mediante compuerta, ventilador a velocidad constante, y la válvula de gas ajusta el caudal de gas adecuado.
- Ventilador de velocidad variable (8-9), que ajusta la premezcla aire-gas (M) enviada al quemador (1), conjuntamente con válvula de gas modulante (6). Ver esquema y fotografía.



Las ventajas añadidas que comporta éste último sistema son:

- Reducción del consumo eléctrico anual debido a la caldera.
- Reducción del nivel sonoro debido a la caldera.

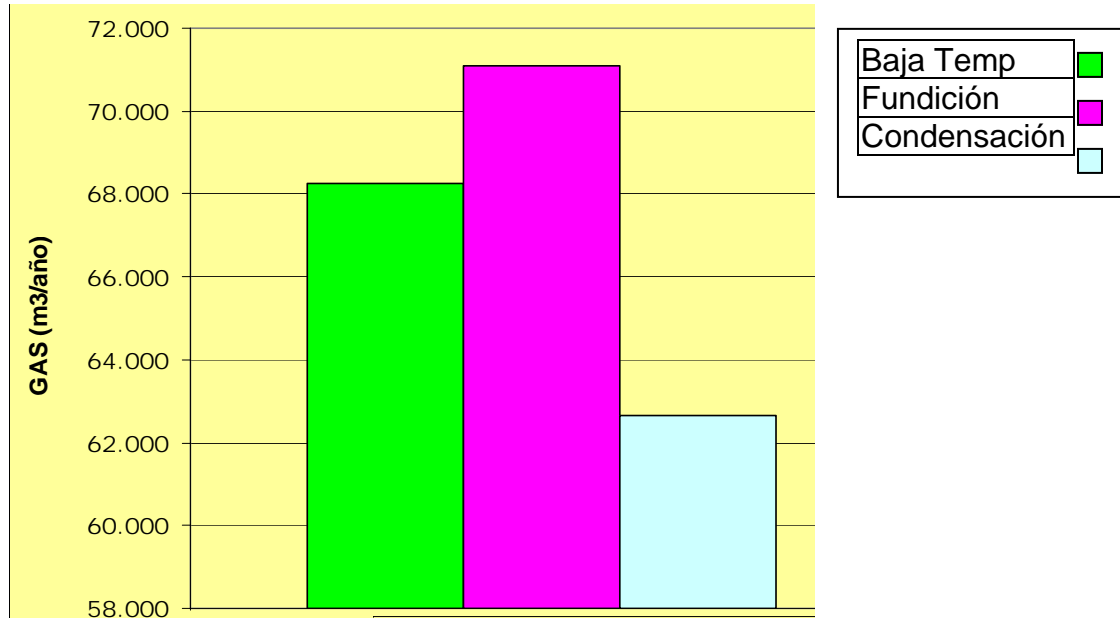
Comparando dos calderas modulantes de potencia útil entorno a 380 kW, una con cada sistema de modulación, se pueden obtener los siguientes resultados:

Concepto	Modulación compuerta aire		Modulación ventilador velocidad variable	
	Mín. Pot.	MAX. Pot.	Mín. Pot.	MAX. Pot.
Consumo eléctrico	Promedio 650 W		35 W	464 W
Nivel sonoro	Entorno a 70 dBA		48 dBA	60 dBA



### 2.1.c Consumos energéticos de las calderas consideradas

Considerando la variación de potencia diaria y mensual de la instalación, así como la variación de temperatura de uso, las calderas funcionarán a distintos regímenes de potencia y temperatura distintas potencias



De lo anterior cabe considerar:

- La diferencia de inversión económica inicial entre los distintos tipos de calderas, y por tanto el plazo de amortización correspondiente, en función de:

- Precio de equipos, materiales adicionales (chimeneas, bombas, tratamientos condensados...)
- Instalación
- Precio del combustible

- Habrán que apoyar a la producción de A.C.S., sobretudo en el período de Noviembre a Febrero, donde la aportación solar resulta (como veremos en el siguiente apartado) entre el 39 y el 63% según el mes.

Asimismo, habrá que prever la legionela en acumuladores y en distribución, y ello significa una producción de A.C.S. a temperaturas comprendidas entre 55 y 60°C en continuo. Con lo que, cuando se requiera apoyo de calderas, el circuito primario trabajará a temperaturas altas, entorno a 75°C ó más.

Y con temperaturas mayores cuando se deban realizar choques térmicos en el A.C.S. a temperaturas de 70°C para erradicar la legionela.

## **2.2 AGUA CALIENTE SANITARIA (A.C.S.)**

El recientemente aprobado Código Técnico de la Edificación (en adelante CTE) establece la obligatoriedad de que un porcentaje de la producción de Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.) se realice mediante producción solar térmica, que varía en función de la irradiación solar de las distintas zonas de España. Y de igual forma se aproveche dicha energía para calentar el agua de piscinas.

En su Sección HE4 “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria” prescribe que el ámbito de aplicación se aplica a “...edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria...”

Madrid dispone de la “Ordenanza sobre captación de energía solar para usos térmicos”, publicada en Mayo 2003 en el B.O.C.M.

### **2.2.a Demanda de A.C.S.**

Para el cálculo de la demanda de A.C.S., tanto el CTE como la ordenanza, coinciden en los criterios de consumo o demanda:

- Viviendas multifamiliares consumo por persona: 22 litros ACS / día a 60°C
- Para 3 dormitorios: considerar 4 personas por vivienda.

La demanda resultante de A.C.S. es: 4224 litros/día a 60°C.

### **2.2.b Contribución solar mínima**

En el anexo I, de la ordenanza, punto 1.2, se define la contribución ó aporte solar como la fracción entre los valores de energía solar aportada a consumo y la demanda energética, en valores mensuales.

Según la demanda energética y el combustible empleado como fuente energética convencional la ordenanza tabula una contribución solar mínima.

Como la fuente energética de apoyo será caldera a gas, la ordenanza prescribe una contribución solar mínima del 75%, mientras que el CTE, para la zona climática IV, prescribe un mínimo del 60%

Al ser más restrictiva la ordenanza, es la que se debe aplicar.

### **2.2.c Volumen de acumulación (V) de A.C.S. de la parte solar**

Tanto el CTE como el Pliego de Condiciones Técnicas de IDAE (en adelante, PCT-IDAE) recomiendan un valor de acumulación (V) solar acorde con la demanda diaria de A.C.S. calculada anteriormente.

El CTE recomienda que la acumulación solar sea un solo depósito vertical. Permite fraccionar la acumulación en 2 ó más depósitos conectados, preferentemente, en serie invertida en el circuito de consumo ó en paralelo (circuitos primario y secundario equilibrados).

El consumo diario, según la ordenanza es de 4.224 litros/día a 60°C. Para éste caso se toma un estándar de acumulación solar de 5000 litros.

Los 4224 litros/día a 60°C son equivalentes a un consumo de 5.000 litros, con una temperatura de preparación de 52°C.

#### 2.2.d Captadores solares

Tanto el PCT-IDAIE como el CTE incluyen relaciones a cumplir entre el volumen de acumulación (o consumo diario) y el área de captación:

$$50 < V/A < 180$$

Siendo,

- A: área total de captación solar (m<sup>2</sup>).
- M: carga de consumo diaria (litros/día).
- V: volumen de acumulación solar (litros).

#### 2.2.e Cálculo de aportación solar

El método de cálculo recomendado por el PCT-IDAIE es el F-Chart, desarrollado en el anexo IV del pliego.

Se consideran los siguientes parámetros:

- Radiación solar horizontal mensual media diaria, fuente: IDAE-Censolar.
- Temperatura ambiente durante horas de sol, fuente: IDAE-Censolar.
- Orientación SUR
- Inclinación del campo de captadores de 45° sobre la horizontal.

Se eligen captadores de eficiencia elevada:

- Factor óptico: 0,75 ; Factor de pérdidas: 3,5
- Área de captación: 2,58 m<sup>2</sup> por captador.

Resultan 38 captadores, o sea, un total de 98,04 m<sup>2</sup>.

Como el volumen de acumulación solar es de 5.000 litros

La relación V/A: 51 litros/m<sup>2</sup> es conforme al CTE.

Distribución: 9 Baterías de 4 captadores y una de 2 captadores.

A continuación se expone una tabla del cálculo energético de la demanda de A.C.S., la contribución solar y los excedentes. La leyenda de la tabla:

- T<sub>red</sub>: temperatura del agua de red (°C)
- T<sub>a</sub>: temperatura ambiente durante horas de sol (°C)
- DE: Demanda energética de A.C.S. (MJ)
- AS: Aportación energética solar (MJ)
- FS: factor de cobertura solar (%)
- Dimensionamiento: excedente térmico respecto a la demanda (%)

Meses	T <sub>red</sub> [°C]	T <sub>a</sub> [°C]	DE [MJ]	AS [MJ]	FS [%]	Dimensio- namiento
Enero	6	6	29.585	12.324	42%	42%
Febrero	7	8	26.227	16.522	63%	63%
Marzo	9	11	27.941	20.382	73%	73%
Abril	11	13	25.980	22.585	87%	87%
Mayo	12	18	26.298	23.560	90%	90%
Junio	13	23	24.919	24.353	98%	98%
Julio	14	28	25.202	25.202	100%	109,7%
Agosto	13	26	25.750	25.750	100%	108,2%
Septiembre	12	21	25.449	24.232	95%	95%
Octubre	11	15	26.846	20.407	76%	76%
Noviembre	9	11	27.040	14.591	54%	54%
Diciembre	6	7	29.585	11.630	39%	39%
<b>Totales</b>			<b>320.822</b>	<b>241.538</b>	<b>75,3%</b>	

La instalación resultante es conforme a la reglamentación vigente:

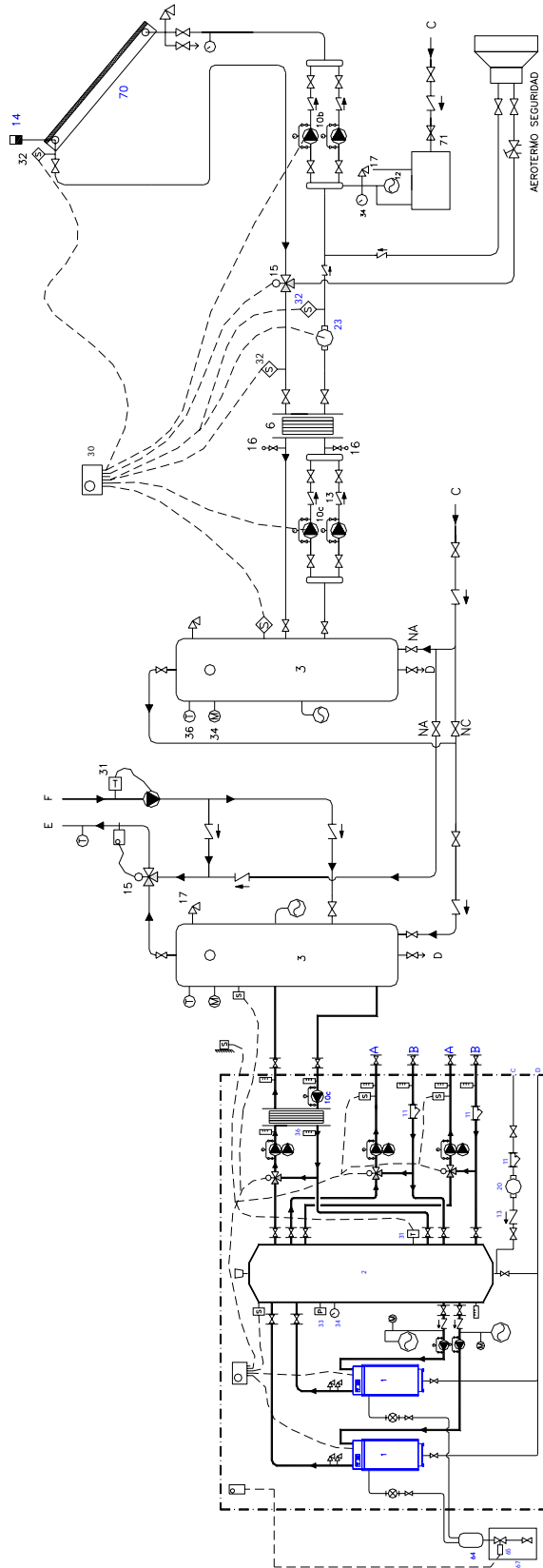
- Ordenanza Madrid: aportación solar mínima igual o superior al 75%
- CTE: la contribución solar no sobrepasa el 110% de la demanda al mes.
- CTE: no se supera el 100% de la demanda durante 3 meses seguidos.

#### 2.2.f En caso de querer disipar los excedentes térmicos

Hay varias métodos de disipación del excedente térmico:

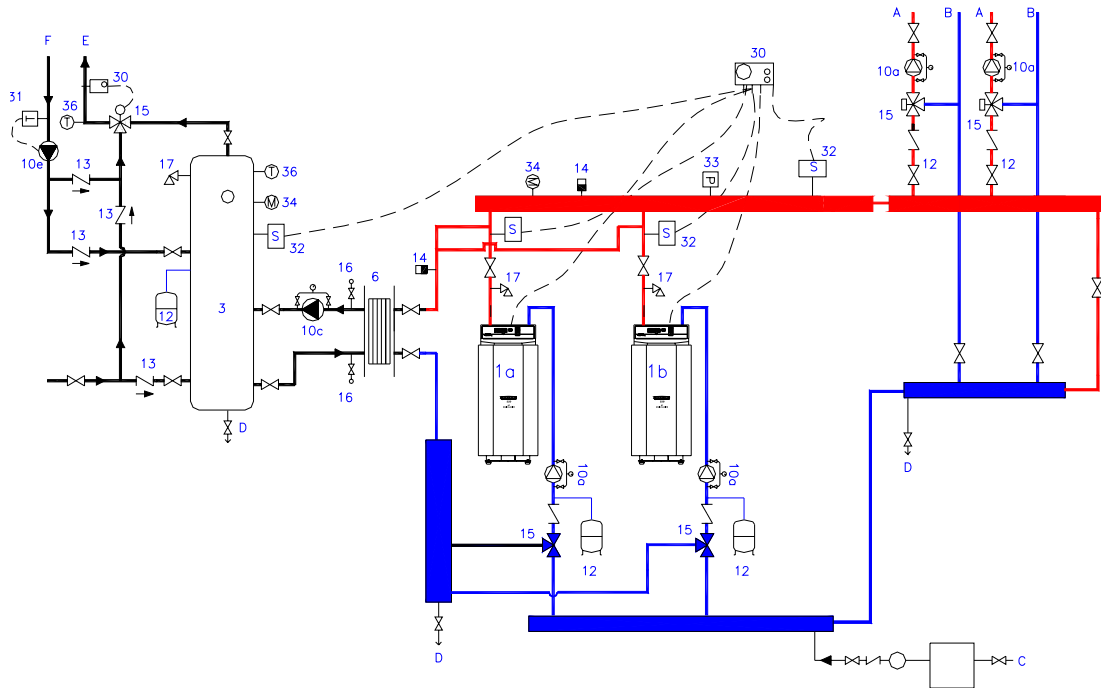
- Tapar los captadores solares con una lona o similar.
- Permitir aumentar la temperatura del A.C.S. acumulada (hasta cierto valor).
- Evacuar la energía excedente mediante aerotermos aire-agua.
- Vaciar el agua del circuito primario de captadores a un aljibe y luego volver a rellenar con el agua de dicho aljibe (así se mantiene la proporción de anticongelante).

### 3. INTERRELACION DEL CONJUNTO



### 3.2 OTRA OPCION PARA CIRCUITO DE CALDERAS

Debido a que la producción de A.C.S. debe quedar cubierta en un 75% mediante captadores solares, se dimensionan las calderas únicamente para la potencia total de calefacción, pero pudiendo permitir que una pueda proporcionar el A.C.S. cuando sea necesario, mientras la otra continúa suministrando la calefacción.



Cuando los captadores solares suplen todo el A.C.S. o bien no hay consumo, la centralita de control (30) gestiona las calderas para que trabajen a la temperatura de los circuitos de calefacción (temperatura mayor en los meses fríos como Enero, y menor para los meses de transición como Abril).

Cuando se precise apoyo de caldera para producir A.C.S., la central de control:

- Cierra la válvula 3 vías de su caldera para dirigir el caudal al ACS
- Cambia la consigna de temperatura de dicha caldera para producir A.C.S.

Al finalizar la necesidad de A.C.S. el control cierra la válvula 3 vías de la caldera, y cambia su consigna de temperatura acorde a la precisada para calefacción.

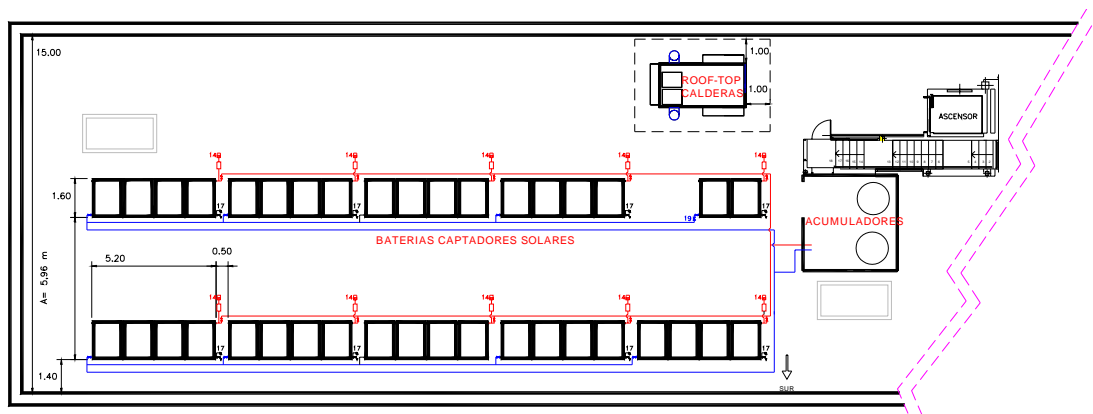
Este tipo de instalación precisaría calderas de baja temperatura o condensación (según inversión y plazo de amortización).

#### 4. EMPLAZAMIENTO E INTEGRACION ARQUITECTONICA

El incremento de precio de la vivienda, obliga al máximo aprovechamiento de la superficie útil construida, y rentabilizar al máximo la inversión realizada.

En el presente caso disponemos de una azotea de 1024 m<sup>2</sup>, 64 x 16 m, en donde se ubicarán tanto los captadores solares y también las calderas y equipamiento necesario.

A continuación se muestra una posible ubicación de captadores y calderas:



#### 4.1 CALDERAS / GENERADORES DE CALOR

Estos últimos años hay una tendencia creciente en la instalación de **Equipos Autónomos de Generación de calor con calderas**.



Conforme a RITE y norma UNE 60.601, estos equipos incluyen calderas, circuitos hidráulicos, eléctricos, gas y sus seguridades, todo dentro de una envolvente o carcasa que se ubica a la intemperie.

Se puede ubicar en la azotea de edificio o anexo al mismo, pero siempre externo al edificio.

Lo que implica un aumento

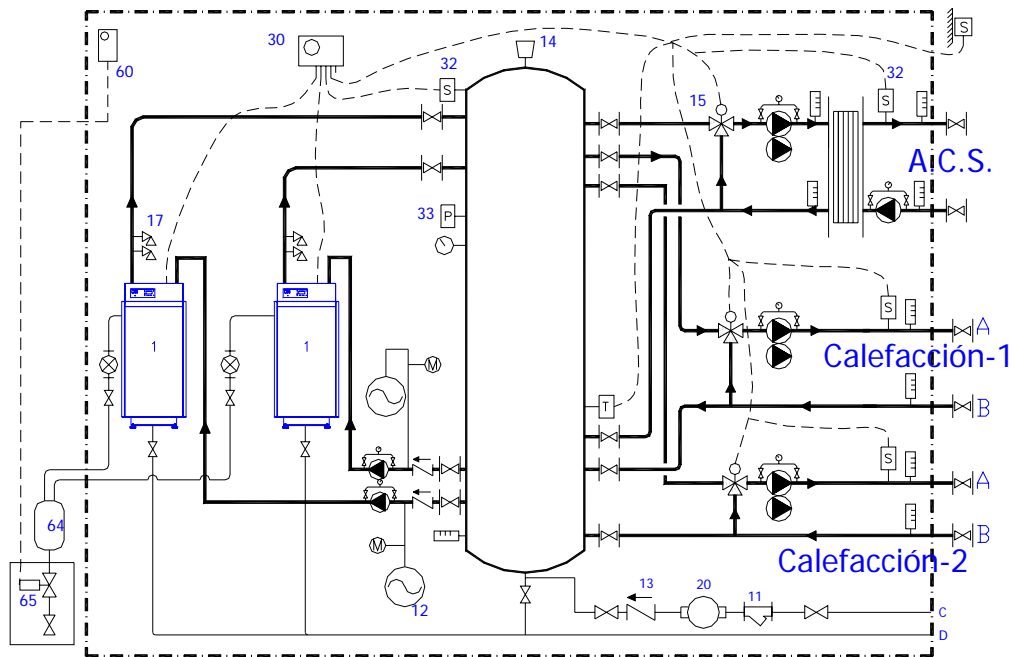
de la seguridad debido a que:

- Las calderas no están dentro de los muros o paredes del edificio.
- Las ventilaciones son directas al exterior.
- La línea de gas puede ser externa al edificio (transcurrir por fachada...).

El espacio originalmente reservado a sala de calderas se puede reutilizar :  
trasteros, ampliar plazas de parking, tiendas... en función de su ubicación.

Se muestra la opción posible para el presente caso, incluyendo:

- Dos circuitos calefacción con su regulación propia y sus bombas dobles
- Circuito apoyo producción A.C.S. con calderas e intercambiador placas.
- Dos calderas (1) con sus bombas, vasos expansión...
- Central de control (30): secuencia calderas, regulación calefacción, producción A.C.S. y control antilegionela en la producción A.C.S.,



Incluye las siguientes seguridades (según fabricante):

- Gas: sonda detección gas (60), electroválvula de corte (65), calderas (1): presostato de mínima presión, detección de llama.
- Humos: pirostato con rearme manual.
- Hidráulico: purgador (14), válvulas seguridad por sobrepresión (17), vaso expansión cerrado (12), presión mínima agua (33), detector de caudal, contador de agua de llenado...

El control debe estar optimizado para conseguir la máxima eficiencia energética en todo momento, por ejemplo, entre otros factores:

- Punto consigna de temperatura de calderas: elevado y constante si hay producción de A.C.S. o bien variable función temperatura exterior si no precisa apoyo de A.C.S. y se proporciona la calefacción
- Si una caldera ha parado porque ha disminuido la demanda térmica de la instalación, la bomba correspondiente a la caldera se para un tiempo después, y así se minimizan las pérdidas térmicas en calderas por disponibilidad.

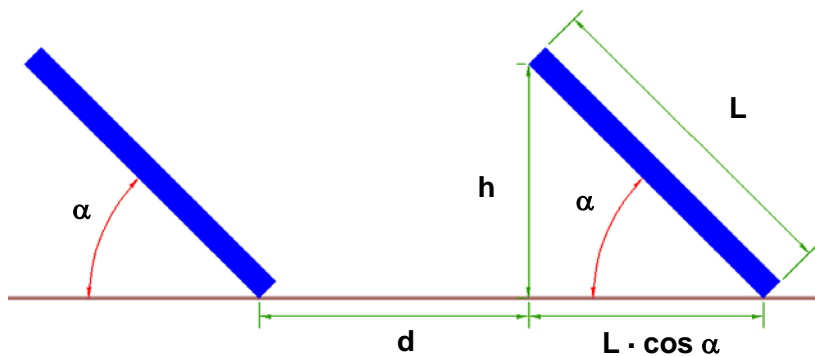


## 4.2 CAPTADORES SOLARES

La ubicación de captadores solares debe permitir el máximo aprovechamiento solar y la mínima interferencia debido a sombras entre los propios captadores o bien otros elementos constructivos.

### 4.2.1 Distancia entre filas de captadores conforme criterio PCT-IDAE

La distancia mínima de separación entre baterías de captadores, "d", medida sobre la horizontal, para evitar sombras puede calcularse mediante :



$$d = h \times K$$

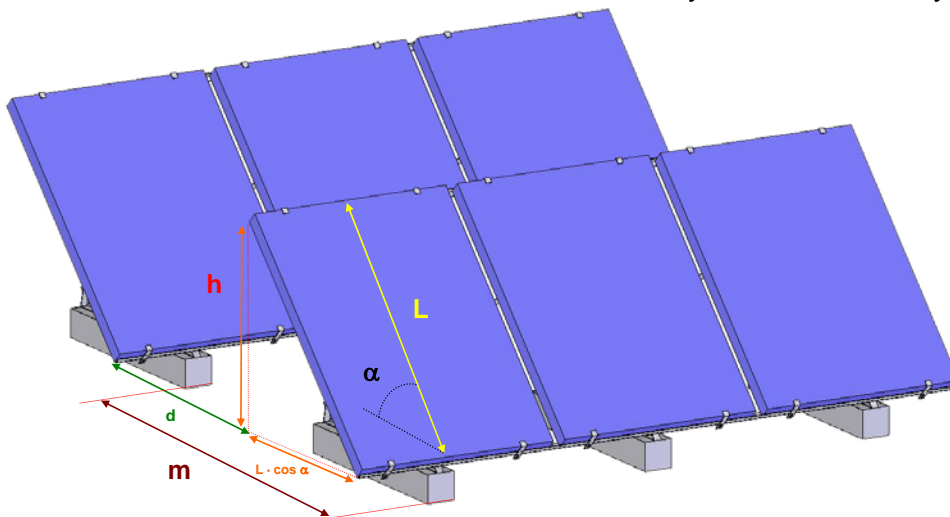
Siendo:

$\alpha$  = inclinación del captador.

$L$  = altura del captador

$K$  = según criterio del PCT-IDAE será:  $K = 1 / \tan(61^\circ - \text{latitud})$

Para que el obstáculo no proyecte sombras sobre el captador y se garantice un mínimo de 4 horas de sol al mediodía del solsticio de invierno, día de menor altura solar y sombras de mayor longitud.



Considerando: un captador de altura 2,3 metros, inclinación:  $45^\circ$ , la distancia entre inicios de filas ("m") resulta 5,96 metros (siendo "d" = 4,33 m)

#### 4.2.1 Distancia entre filas de captadores conforme criterio RITE

La instrucción técnica ITE-10 del RITE, prescribe una distancia mínima entre comienzos de filas de captadores de:

$$m = k \cdot L$$

Siendo:

L = altura del captador (en éste caso, 2,3 m)

K = coeficiente según la inclinación del captador, para 45° resulta : 1,932

Por tanto la distancia mínima entre comienzos de filas sería: 4,44 metros.

Una distancia inferior a la del apartado anterior y que permite optimizar el espacio ocupado por los captadores.



La distancia debe evitar o minimizar la interferencia entre filas de captadores.

En la foto se observa que la sombra de la fila anterior de captadores solares no incide sobre la fila posterior.

## BIBLIOGRAFIA

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION (C.T.E.)

“Ordenanza sobre captación de energía solar para usos térmicos”, Dpto. Central de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Madrid, B.O.C.M. nº 109, 9-Mayo-2003

“Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura - Instalaciones de energía solar térmica”, PET-REV-Octubre 2002, IDAE

R.D. 1751/1998: Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)

R.D. 1218/2002: Modificación del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)

R.D. 275/1995, 24 Febrero, aplicación de la Directiva Europea 92/42/CE relativa a requisitos de rendimiento para calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos.

“Datos climáticos trihorarios de Madrid para el diseño de instalaciones térmicas”, ATECYR

Norma UNE 94002: Junio 2005: “Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria”