

## Tema 15. COMBUSTIÓN Y SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	COMBUSTION .....	2
3.	TIPOS DE COMBUSTIÓN.....	3
4.	COMBUSTIBLES .....	4
1.1.	Combustibles sólidos .....	5
1.2.	Combustibles líquidos.....	6
1.3.	Combustibles gaseosos.....	6
5.	RENDIMIENTO DE LA COMBUSTION .....	7
6.	ANALIZADORES DE COMBUSTION.....	8
7.	TABLAS DE CONVERSION DE UNIDADES .....	9
8.	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN.....	10
8.1.	Según el modo de obtención del calor.....	10
	– Calefacción eléctrica.....	10
	– Calefacción por energía solar.....	10
	– Calefacción convencional.....	10
	– Calefacción termodinámica .....	11
	– Calefacción geotérmica .....	11
8.2.	Según el ámbito de aplicación.....	11
	– Calefacción Unitaria.....	11
	– Calefacción Individual.....	12
	- Calefacción centralizada.....	12
	– Calefacción Colectiva.....	12
	- Calefacción urbana.....	12
8.3.	En función del método empleado.....	13
	– Calefacción por aire caliente.....	13
	– Calefacción por agua caliente (inferior a 100 °C o sobrecalentada más de 100°C) – Calefacción por vapor (a baja o media presión).....	13
	– Calefacción eléctrica.....	13
8.4.	Por el tipo de aparato calefactor .....	13
	– Instalaciones de radiadores .....	13
	– Instalaciones de convectores .....	13
	– Instalaciones con suelo radiante .....	14
	– Instalaciones de aerotermos.....	14
	– Instalaciones de fan-coils. (Ventilador y serpentín).....	15
	– Instalaciones de aire caliente.....	15
8.5.	En función de la red de conexión de los aparatos.....	15
	– Instalaciones monotubo .....	15
	– Instalaciones bitubo .....	16
9.	ESQUEMAS DE CALEFACCIÓN .....	16

## 1. INTRODUCCIÓN

La combustión es una reacción química entre dos sustancias, y *comburente*, en la que se libera energía, en forma de calor principalmente. Los componentes del combustible susceptibles de ser quemados se oxidan al combinarse con el oxígeno del aire que aporta el comburente. El proceso de combustión se inicia con la aplicación de una fuente de calor.

Por otro lado, se considera que la finalidad de todo sistema de calefacción es calentar en invierno el interior de un recinto cerrado, mediante aporte de calor, hasta alcanzar una temperatura artificial que sea más elevada que la temperatura existente en el exterior y así regular la pérdida de calor del cuerpo humano durante las épocas frías del año. Veremos los distintos sistemas de calefacción que nos permitirán alcanzar el grado de confort deseado.

## 2. COMBUSTION

La combustión se produce cuando convergen los siguientes factores:

-El combustible, que puede ser un sólido (Carbón, Madera, etc.), un líquido (Gasóleo, Fuel-Oil, etc.) o un gas (Natural, Propano, etc.)

-El comburente, el material que hace arder (oxígeno).

-La Energía de Activación, es el elemento desencadenante de la reacción de combustión; en los quemadores habitualmente suele obtenerse mediante una chispa eléctrica entre dos electrodos, en las calderas individuales de gas se obtiene por llama piloto, etc.



**Triángulo de la combustión.**

Estos tres factores se representan en el denominado triángulo de combustión, en el cual si falta alguno de los vértices la combustión no puede llevarse a cabo.

El comburente universal es el oxígeno, por lo que en la práctica se utiliza el aire como comburente, ya que está compuesto, prácticamente, por 21% Oxígeno (O<sub>2</sub>) y 79% Nitrógeno (N<sub>2</sub>); únicamente en casos especiales se utilizan atmósferas enriquecidas en oxígeno e incluso oxígeno puro (por ejemplo en soldadura).

La combustión se distingue de otros procesos de oxidación lenta, por ser un proceso de oxidación rápida y con presencia de llama; a su vez también se diferencia de otros procesos de oxidación muy rápida (detonaciones, deflagraciones y explosiones) por obtenerse el mantenimiento de una llama estable.

### 3. TIPOS DE COMBUSTIÓN

Dependiendo de las proporciones en que intervienen el combustible y el comburente en la reacción de combustión, podemos definir tres tipos de combustiones:

- **Combustión incompleta:** es la que se produce con defecto de oxígeno, al aportarse a la reacción de combustión una cantidad de aire menor a la necesaria para quemar completamente el combustible disponible.

Este tipo de combustión favorece la formación de monóxido de carbono (CO), en lugar del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se produce en las combustiones completas.

Además de producir un gas altamente tóxico, resulta antieconómica al quedar restos de combustible sin quemar que se eliminan con los humos.

El calor producido es inferior al de la combustión completa ( $Q_1 < Q$ ). Este tipo de combustión también se denomina pobre, con poca entrada de aire.

- **Combustión completa:** la reacción de combustión completa es la que se produce con un exceso de oxígeno, lo que garantiza la combustión total del combustible. Conduce a la oxidación total de todos los elementos que constituyen el combustible.

De esta forma se aprovecha al máximo el combustible disponible, pero se generan pérdidas de calor, al eliminarse mayor cantidad de gases junto con los humos.

Al emplearse más aire que el estrictamente necesario, en los humos se da la presencia de oxígeno.

- **Combustión estequiométrica o neutra:** Es la Combustión Completa realizada con la cantidad estricta de oxígeno; es decir, en este tipo de combustión se aporta a la reacción la cantidad de aire estrictamente necesaria para quemar completamente todo el combustible disponible.

La combustión estequiométrica es prácticamente irrealizable, lo que obliga a operar con excesos de aire con el fin de lograr combustiones completas. En la práctica, se trata de conseguir combustiones completas, que se aproximen a la combustión neutra.

Para obtener una buena eficiencia de la caldera es necesario controlar, con bastante precisión, la cantidad de aire que se suministra al proceso de combustión:

- Demasiado aire reducirá la temperatura del hogar y arrastrará una buena parte del calor útil.
- Poco aire producirá una combustión incompleta, se escapará por la chimenea mucho combustible sin quemar y se producirá humo.

Sin embargo, en la práctica, existe un buen número de obstáculos para obtener una combustión estequiométrica:

- Las condiciones en que opera el quemador no son perfectas y es imposible asegurar la mezcla de las moléculas de carbón, hidrógeno y oxígeno.
- Algunas de las moléculas de oxígeno se combinarán con moléculas de nitrógeno para formar óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

## 15. COMBUSTIÓN Y SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

Para asegurar una combustión completa, se necesita suministrar una cantidad extra de aire o “exceso de aire”. Esto tiene su efecto sobre la eficiencia de la caldera.

- *Poder comburívoro*: Es la cantidad de aire seco, medida en condiciones normales ( $T^{\circ} = 0^{\circ}\text{C}$  y  $P=1\text{atm}$ ), mínima necesaria para la combustión completa y estequiométrica de la unidad de combustible. Unidades habituales\*:  $\text{Nm}^3/\text{kg}$  Combustible,  $\text{Nm}^3/\text{Nm}^3$  Combustible.

(\*)  $\text{Nm}^3$  (Normal  $\text{m}^3$ ) es el gas contenido en  $1 \text{ m}^3$  a  $0^{\circ}\text{C}$  y presión atmosférica.

- *Coefficiente de exceso de aire*: La mayor parte de las combustiones no transcurren en estas condiciones ideales (completa y estequiométrica), el principal aspecto a considerar será la posibilidad de que la combustión transcurra con exceso o defecto de aire, para caracterizar la proporción de oxígeno se define el parámetro “coeficiente de exceso de aire”:

$n = \text{volumen aire por unidad de combustible} / \text{Poder Comburívoro}$

$n = 1$  : Combustión Estequiométrica

$n < 1$  : Defecto de aire, se dice que la mezcla es rica

$n > 1$  : Exceso de aire, se dice que la mezcla es pobre

## 4. COMBUSTIBLES

Son materiales capaces de entrar en combustión solamente después de un calentamiento previo. Los combustibles son sustancias de origen natural o artificial con un alto contenido en carbono e hidrógeno, a los que acompañan impurezas.

CLASIFICACION DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES			
SOLIDOS	NATURALES	Maderas y Residuos Vegetales	
		Carbón	Turbas
			Lignitos
			Hullas
			Antracita
ARTIFICIALES	Coques (Carbón y Petróleo)		
	Aglomerados y Briquetas		
	Carbón Vegetal		
LIQUIDOS	ALCOHOLES	Naturales (Fermentación s Hidrólisis)	
		Artificiales	
	RESIDUALES	Lejías Negras	
	DERIVADOS DEL PETROLEO	Gasóleos	
		Fuelóleos	
GASEOSOS	RESIDUALES	Fuel-Gas	
	GSA NATURAL	Difrentes Familias	
	GASES LICUADOS DEL PETROLEO (GLP)	Propanos y Butanos	
	ARTIFICIALES o ELABORADOS	Gas de Alto Horno	
		Gas de Coque	
		Gas Pobre	
		Gas de Agua	
	Gas Ciudad		
BIOGAS			

Para todos los combustibles se definen una serie de características que establecen cuál será su comportamiento durante el proceso de la combustión:

- Temperatura de inflamación: temperatura mínima hasta la que hay que calentar el combustible, para que se inicie la reacción de combustión.
- Temperatura de ignición: temperatura necesaria para que la llama originada por la combustión sea duradera y persistente, mientras quede combustible.
- Poder calorífico: calor producido por la combustión completa de la unidad de masa del combustible. Habitualmente se expresa en las siguientes unidades:
  - ✓ Combustibles sólidos: kWh/kg.
  - ✓ Combustibles líquidos: kWh/kg o kWh/l.
  - ✓ Combustibles gaseosos: kWh/kg o kWh/Nm<sup>3</sup>.

En la combustión, por la oxidación del hidrógeno, se forma agua; además, los combustibles pueden tener un cierto grado de humedad en su composición; dependiendo del estado en que aparezca el agua en los humos, se distinguen dos tipos de poderes caloríficos:

- *PODER CALORIFICO INFERIOR (PCI)*: Es la cantidad de calor que puede obtenerse en la combustión completa de la unidad de combustible, si en los productos de la combustión el agua está en forma de vapor. En este caso una parte del calor generado en las oxidaciones se utiliza para evaporar el agua, por tanto esta parte del calor no se aprovecha.
- *PODER CALORIFICO SUPERIOR (PCS)*: En los productos de la combustión el agua aparece en forma líquida, por lo que se aprovecha todo el calor de oxidación de los componentes del combustible. Habitualmente el agua se evacua con los humos en fase vapor, por lo que el poder calorífico más comúnmente utilizado es el inferior.
- Poder comburívoro: cantidad de aire mínima que necesita un combustible para que se verifique la combustión completa del mismo.
- Contenido de humedad: cantidad de agua contenida en el combustible; se expresa en %.
- Cantidad de cenizas producidas: residuo sólido resultante de la combustión completa de un combustible.
- Poder fumígeno: peso de humos producidos en la combustión.

### 3.1. Combustibles sólidos

Los combustibles sólidos pueden ser naturales, como la madera, la biomasa procedente de residuos agrícolas y el carbón o artificiales, obtenidos como resultado de proceso de pirogeneración (aplicación de calor sin contacto con el aire) aplicados a combustibles sólidos naturales.

Dentro de este grupo están *los aglomerados, el coque de petróleo y carbón o el carbón vegetal.*

Con el fin de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> el RITE prohíbe el uso de carbón en calderas de calefacción de edificios a partir del 1 de enero de 2012.

*Actualmente, gracias a las técnicas de gasificación e hidrogenación, el carbón se utiliza como materia prima para la obtención de combustibles líquidos y gaseosos.*

## 15. COMBUSTIÓN Y SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

Es una fuente de energía primaria que está prácticamente en desuso, ya que las calderas de este tipo están prohibidas por normativa. Se caracteriza por tener un alto poder calorífico, pero también por emitir una alta concentración de dióxido de carbono y, en muchos casos, compuestos de azufre. En estos momentos está limitado solamente al ámbito industrial y de la producción eléctrica.

TIPOS DE CARBÓN	PORCENTAJE DE CENIZAS	TEMP. DE IGNICIÓN	PODER CALORÍFICO
ANTRACITA	4 – 6%		32.500 kJ/kg
LIGNITO	5%		16.300 kJ/kg
TURBA	1 – 9%	227° C	13.800 kJ/kg
COQUE	5 – 12	700° C	28.000 kJ/kg
CARBÓN VEGETAL	3%		29.600 kJ/kg

La madera o la biomasa en general, gracias a nuevas técnicas de combustión, resulta muy económica y se obtiene un buen rendimiento con su uso. La biomasa, son residuos y derivados de la industria agropecuaria y forestal. Las calderas adaptadas con quemadores de biomasa están en pleno auge y tienen un gran futuro.

TIPOS DE MADERAS	PORCENTAJE DE CENIZAS	TEMP. DE IGNICIÓN	PODER CALORÍFICO
MADERAS DURAS	0.84 %	300° C	20.300 kJ/kg
MADERAS BLANDAS	1.07%	300° C	20.700 kJ/kg

### 1.2. Combustibles líquidos

Los combustibles líquidos más utilizados son hidrocarburos derivados del petróleo:

- Petróleo crudo.
- Fuel oil para calderas (grado 1 al 6).
- Gasóleos (A, B, y C).
- *Destilados ligeros (gasolinas, queroseno,...).*
- *Residuos líquidos (disolventes, aceites usados de motores,...).*

Los más utilizados como combustibles para calderas son *el gasóleo C y el fuel*, aunque el uso de fuel está limitado por la normativa vigente según su calidad (sólo puede utilizarse fuel oil nº 1 y fuel oil nº 2) y para grandes potencias de la caldera.

COMBUSTIBLE	VISCOSIDAD (seg Redwood))	TEMP. DE IGNICIÓN	PODER CALORÍFICO
FUEL-OIL nº 1	220	65,5° C	43.500 kJ/kg
FUEL-OIL nº 2	950	65,5° C	43.000 kJ/kg
GASOLEO	35	65,5° C	45.600 kJ/kg

### 3.3. Combustibles gaseosos

Los combustibles gaseosos se pueden clasificar según su origen en naturales y artificiales.

Los gases combustibles naturales son:

- *Gases licuados del petróleo (GLP): están constituidos básicamente por propano y butano. Se almacenan y transportan en forma líquida.*
- *Gas natural: tiene como origen el petróleo, y está constituido por una mezcla de hidrocarburos en la que predomina el metano.*
- *Gas Grisú: se encuentra en las minas de hulla, formando bolsas, y está constituido básicamente por metano, por lo que puede considerarse como gas natural.*

COMBUSTIBLE	TEMP. DE IGNICIÓN	PODER CALORÍFICO
PROPANO	470° C	102.400 kJ/m <sup>3</sup>
BUTANO	415° C	125.491 kJ/m <sup>3</sup>
GAS NATURAL	535° C	39.620 kJ/m <sup>3</sup>

Los gases combustibles manufacturados por gasificación del carbón por distintos procedimientos (pirólisis) o como subproducto de algún proceso industrial. Como ejemplo de este tipo de gases podemos nombrar los siguientes:

- *Gas de alumbrado.*
- *Gas de coquería.*
- *Gas de generador.*
- *Gas azul.*
- *Gas ciudad.*
- *Gas de acerería.*
- *Gas de alto horno.*

Como combustibles gaseosos nuevos, cabría destacar la incipiente utilización del *biogás*, obtenido a partir de la fermentación anaeróbica de residuos o del hidrógeno obtenido a partir de la hidrólisis.

Dada la diversidad de origen y composición de los diferentes combustibles gaseosos, la clasificación principal de los mismos, se establece de acuerdo con un parámetro, llamado índice de Wobbe.

## 5. RENDIMIENTO DE LA COMBUSTION

El calor que puede obtenerse en una combustión es el correspondiente al Poder Calorífico del combustible (PCI ó PCS), habitualmente referido al PCI. Al realizar la combustión, una parte del calor producido se pierde, asociado a los productos de la combustión; estas pérdidas se pueden agrupar en dos tipos:

- Pérdidas por Inquemados (Qi): Corresponden al poder calorífico de los productos de la combustión que no han sido totalmente oxidados. Únicamente se presentan en el caso de combustiones incompletas, siendo más altas cuanto mayor sea la cantidad de inquemados.
- Entalpía de los productos de la combustión (Qhs): Corresponde al calor utilizado en calentar los humos hasta la temperatura a la cual escapan por la chimenea, ya que a partir de ese punto

el calor que llevan no se recupera. Estas pérdidas son mayores cuanto más altas sean las temperaturas de humos. También aumentan con el exceso de aire, ya que con el mismo aumenta el volumen de humos, transportando mayor cantidad de calor.

Con el fin de obtener el máximo rendimiento de combustión posible, ésta debe ajustarse de modo que se logre la combustión completa con el menor exceso de aire posible. Además, el gasto de combustible debe ajustarse de modo que se obtengan las temperaturas de humos más bajas posibles, produciendo la potencia necesaria para el servicio.

### 6. ANALIZADORES DE COMBUSTION

Son equipos que analizan los parámetros de la combustión; siempre analizan Humos Secos, ya que en caso contrario la humedad de los humos podría estropear los mecanismos interiores de los analizadores; por ello en primer lugar “secan” los humos pasándolos por un filtro.

Habitualmente incorporan:

-Medidor de O<sub>2</sub>; resultado en %.

Se utiliza para medir el rendimiento de la combustión y para determinar las pérdidas por chimenea y el contenido de dióxido de carbono.

*Valores típicos de O<sub>2</sub> en los gases de combustión:*

*Calderas de gasoil: 2% - 5%*

*Calderas de gas: 2% - 6%*

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro. Bajo la influencia de la luz solar y el verde de las hojas, la clorofila, las plantas convierten el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en oxígeno (O<sub>2</sub>). La respiración humana y animal convierte el oxígeno (O<sub>2</sub>) otra vez en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A concentraciones superiores al 15% en volumen (150.000 ppm) en la respiración, se produce una inmediata pérdida de consciencia. El valor límite de efecto es de 5000 ppm.

*Valores típicos de CO<sub>2</sub> en los gases de combustión:*

*Calderas de gasoil: 12,5 % - 14 %*

*Calderas de gas: 8 % - 11 %*

Con la medición de O<sub>2</sub>, indicando previamente el combustible que se está analizando, el aparato calcula el exceso de aire y el CO<sub>2</sub> correspondiente, con todos estos datos proporciona el rendimiento de la combustión.

Las mediciones realizadas directamente por el analizador son válidas sea cual sea el combustible; sin embargo los datos de exceso de aire CO<sub>2</sub> y rendimiento, al ser calculados por el equipo, dependen de que al mismo se la haya indicado correctamente dicho combustible.

-Medidor de CO, indicación en ppm.

El monóxido de carbono es un gas venenoso al respirar, incoloro, inodoro y es el producto de una combustión incompleta. El valor límite es de 50 ppm.

## 15. COMBUSTIÓN Y SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

Su presencia en los productos de la combustión es prácticamente nula cuando la combustión tiene lugar con exceso de aire. Cantidades importantes de CO pueden formarse solamente en caso de combustión con defecto de aire,

Valores típicos de CO en los gases de combustión:

Calderas de gasoil: 80 ppm - 150 ppm

Calderas de gas: 80 ppm - 100 ppm

- Temperatura Ambiente (°C).
- Temperatura de Humos (°C).
- Medición de tiro (Pa, mmCA, mbar, etc).

## 7. TABLAS DE CONVERSION DE UNIDADES

- UNIDADES DE TRABAJO, ENERGÍA y CALOR:

ENERGÍA	A	→	Tep	termia	kcal	BTU	Julio	CVh	kwh	therm	kg-m	lb-ft
Convertir	↓		Multiplicando por									
Tep			1	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^7$	$3.97 \cdot 10^7$	$4.19 \cdot 10^{10}$	$1.58 \cdot 10^4$	$1.16 \cdot 10^4$	$3.968 \cdot 10^2$	$4.268 \cdot 10^9$	$3.0875 \cdot 10^{10}$
Termia			$1 \cdot 10^{-4}$	1	$1 \cdot 10^3$	$3.97 \cdot 10^3$	$4.19 \cdot 10^6$	1.58	1.16	$3.968 \cdot 10^{-2}$	$4.268 \cdot 10^5$	$3.0875 \cdot 10^6$
kcal			$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-3}$	1	3.97	$4.19 \cdot 10^3$	$1.58 \cdot 10^{-3}$	$1.16 \cdot 10^{-3}$	$3.968 \cdot 10^{-5}$	$4.268 \cdot 10^2$	$3.0875 \cdot 10^3$
BTU			$2.52 \cdot 10^{-8}$	$2.52 \cdot 10^{-4}$	0.25	1	$1.06 \cdot 10^3$	$3.98 \cdot 10^{-4}$	$2.93 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1.07 \cdot 10^2$	$7.78 \cdot 10^2$
Julio			$2.39 \cdot 10^{-11}$	$2.39 \cdot 10^{-7}$	$2.39 \cdot 10^{-4}$	$9.48 \cdot 10^{-4}$	1	$3.77 \cdot 10^{-7}$	$2.78 \cdot 10^{-7}$	$9.48 \cdot 10^{-9}$	0.102	0.7376
CVh			$6.33 \cdot 10^{-5}$	$6.33 \cdot 10^{-1}$	$6.33 \cdot 10^{-2}$	$2.51 \cdot 10^3$	$2.65 \cdot 10^6$	1	0.735	$25.11 \cdot 10^{-3}$	$2.7 \cdot 10^5$	$1.95 \cdot 10^6$
kwh			$8.6 \cdot 10^{-5}$	$8.6 \cdot 10^{-1}$	$8.6 \cdot 10^2$	$3.41 \cdot 10^3$	$3.60 \cdot 10^6$	1.36	1	$3.4 \cdot 10^{-2}$	$3.67 \cdot 10^5$	$2.65 \cdot 10^6$
Therm			$2.51 \cdot 10^{-3}$	$2.51 \cdot 10^1$	$2.51 \cdot 10^4$	$10^5$	$1.06 \cdot 10^8$	39.82	29.28	1	$1.07 \cdot 10^7$	$7.78 \cdot 10^7$
kg-m			$2.34 \cdot 10^{-10}$	$2.34 \cdot 10^{-6}$	$2.34 \cdot 10^{-3}$	$9.3 \cdot 10^{-3}$	9.8	$3.7 \cdot 10^{-6}$	$2.72 \cdot 10^{-6}$	$9.3 \cdot 10^{-8}$	1	7.23
lb-ft			$0.32 \cdot 10^{-10}$	$0.32 \cdot 10^{-6}$	$0.32 \cdot 10^{-3}$	$1.28 \cdot 10^{-3}$	1.3558	$0.51 \cdot 10^{-6}$	$0.376 \cdot 10^{-6}$	$12.86 \cdot 10^{-9}$	0.13825	1

- UNIDADES DE POTENCIA:

POTENCIA	A:	→	erg/s	kcal/h	BTU/h	CV	kW
Convertir	↓		multiplicando por:				
erg/s			1	$0,86 \cdot 10^{-7}$	$34,128 \cdot 10^{-11}$	$1,3596 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-10}$
kcal/h			$1.162,8 \cdot 10^4$	1	3,9684	0,001581	0,0011628
BTU/h			$293,07 \cdot 10^4$	0,25194	1	0,0003984	0,000293
CV			$7,355 \cdot 10^9$	632,52	2.510,06	1	0,7355
kW			$1 \cdot 10^{10}$	860	3.412,8	1,3596	1

## 8. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

Según estadísticas de consumo energético en una vivienda tipo, podemos afirmar que el consumo se distribuye de la siguiente forma:



Es importante la decisión de utilizar un tipo u otro de generadores de calor, la elección de los sistemas de emisión, la regulación de la instalación, en definitiva de todos los parámetros referentes a calefacción especificados en el RITE, el cual establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía.

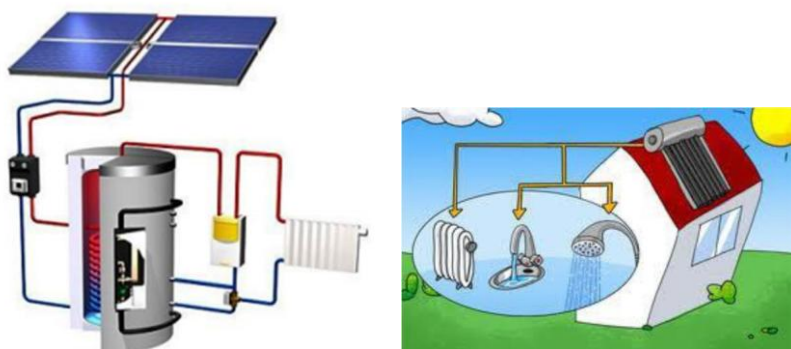
Podemos realizar diferentes clasificaciones de los sistemas de calefacción:

### 8.1. Según el modo de obtención del calor.

– **Calefacción eléctrica:** sistemas de calefacción que utilizan la disipación de la energía eléctrica mediante el efecto Joule como fuente de calor. Se conoce como efecto Joule el fenómeno de que una corriente eléctrica, al pasar por una resistencia, desprende calor.



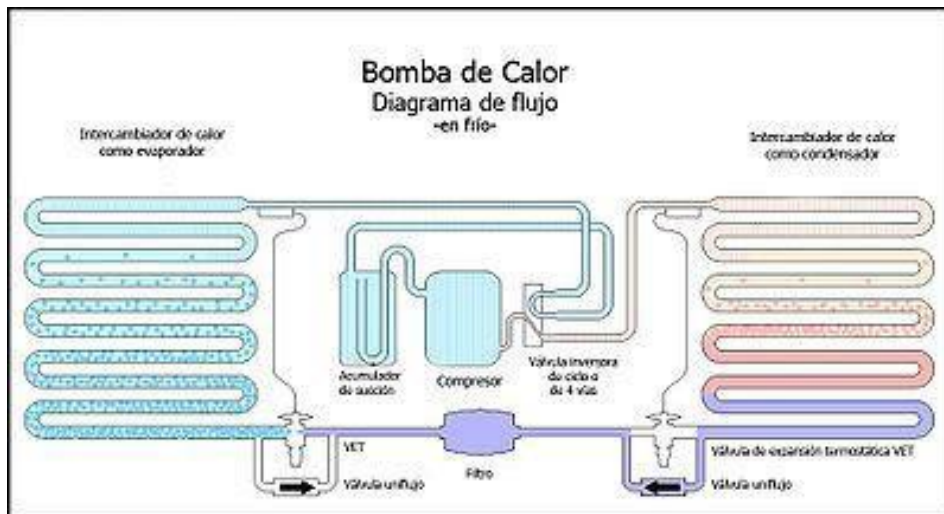
– **Calefacción por energía solar:** En esta clase de instalaciones se hace uso de la radiación electromagnética que procede del sol y que, mediante la llamada conversión fototérmica, se transforma en energía térmica que almacena un fluido caloportador (agua generalmente). Ejemplo. Agua calentada mediante colectores solares.



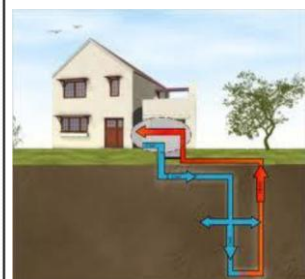
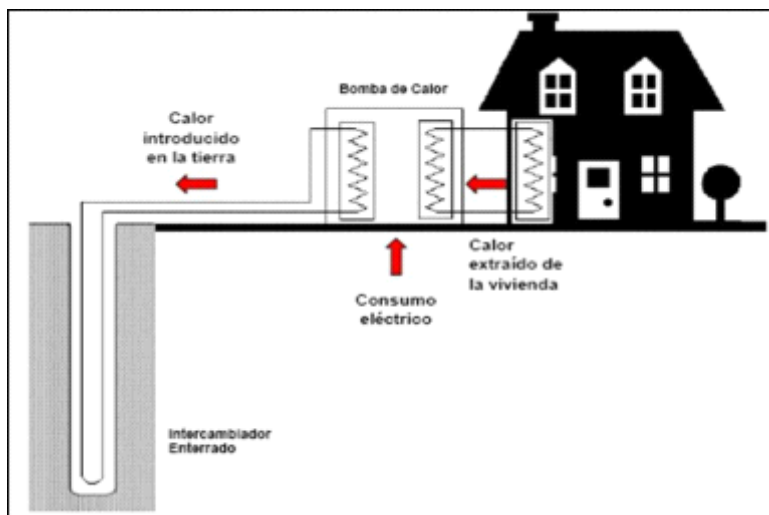
– **Calefacción convencional:** Los sistemas de calefacción convencional son los que emplean como fuente energética el calor de combustión de un combustible orgánico sólido, líquido o gaseoso.



– **Calefacción termodinámica:** Este tipo de calefacción se centra en la bomba de calor. La bomba de calor es una máquina que permite la climatización a lo largo de todo el año: tanto la refrigeración en verano como la calefacción en invierno la cual obtiene un rendimiento energético muy elevado.



– **Calefacción geotérmica:** se basa en la Bomba de calor. Es un sistema que es capaz, mediante una bomba geotérmica o generador termodinámico, de captar el calor que hay en el subsuelo (el cual tiene la capacidad de permanecer a una temperatura constante a una determinada profundidad) y de disiparlo en el interior de la vivienda mediante un sistema de suelo radiante o utilizando radiadores.



## 8.2. Según el ámbito de aplicación

– **Calefacción Unitaria:** en la que cada elemento es un generador de calor. Es decir, el aparato calefactor es, al mismo tiempo, el productor de calor, distribuidor y proyector.

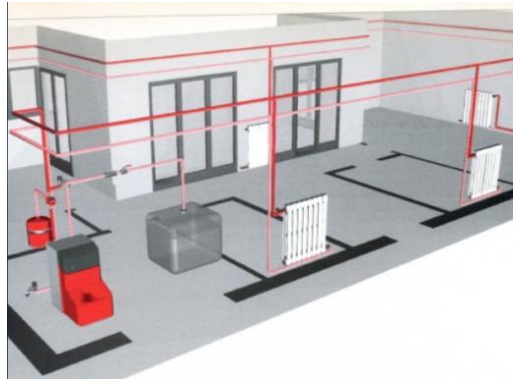
## 15. COMBUSTIÓN Y SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

– **Calefacción Individual:** aquellas instalaciones no unitarias, en las que la producción de calor es independiente para cada usuario.

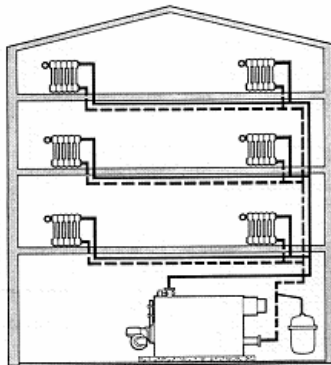
El equipo generador suele ser una caldera de gas que aporta el suministro de calefacción y de agua caliente sanitaria. Las unidades terminales o emisores son radiadores o bien sistemas de calefacción por suelo radiante.



– **Calefacción centralizada:** instalación en la que la producción de calor se realiza centralmente, distribuyéndose a diversos subsistemas o equipos terminales que actúan en ambientes o zonas diferentes.



– **Calefacción Colectiva:** Como la individual, la calefacción está centralizada para un conjunto de aparatos calefactores o emisores y corresponde a diversas unidades de consumo (edificio completo, varios edificios, etc.).



– **Calefacción urbana:** la producción es única para un conjunto de usuarios que disfrutan de una misma red urbana.

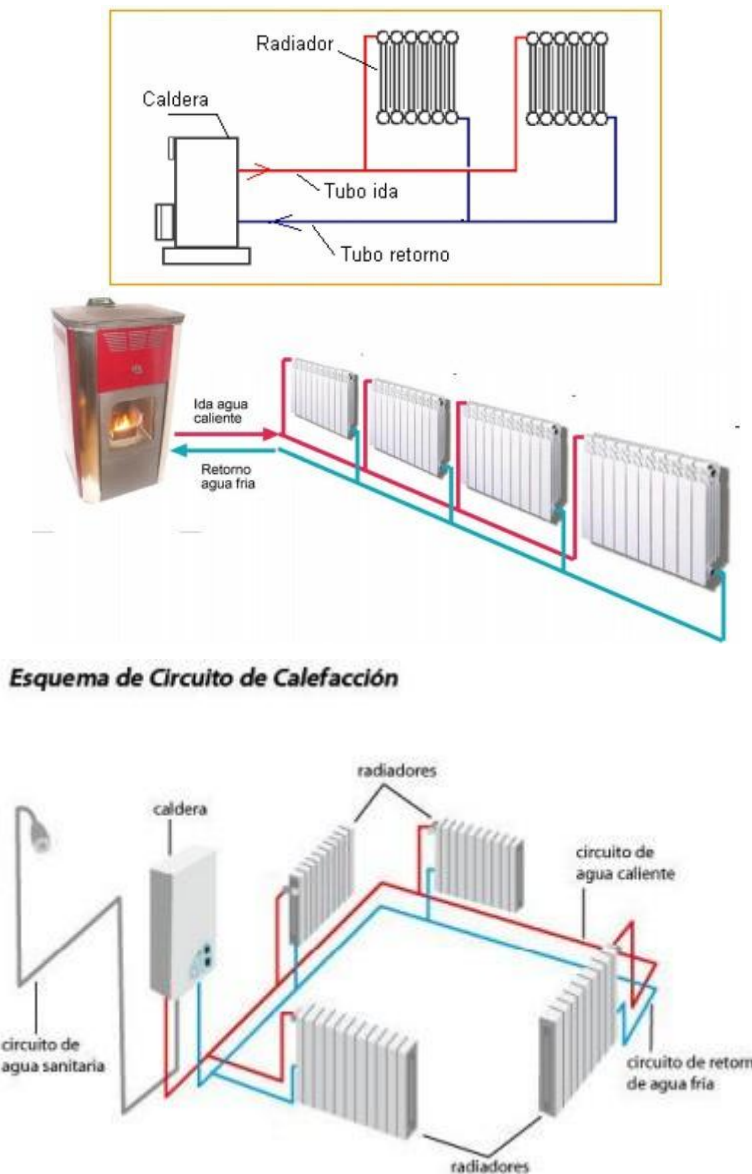
### 8.3. En función del método empleado

- Calefacción por aire caliente.
- Calefacción por agua caliente (inferior a 100 °C o sobrecalentada más de 100°C)
- Calefacción por vapor (a baja o media presión).
- Calefacción eléctrica

### 8.4. Por el tipo de aparato calefactor

- Instalaciones de radiadores.

Los radiadores pueden ser calentados por agua o por una resistencia eléctrica que calienta aceite contenido en su interior.



- Instalaciones de convectores.

Se llaman así porque tienen una forma que permite la entrada del aire frío (más denso) por la parte inferior, calentándose al subir a través de las aletas del aparato (resistencias eléctricas o gas) y elevándose hacia el techo por su menor densidad a medida que se va calentando.

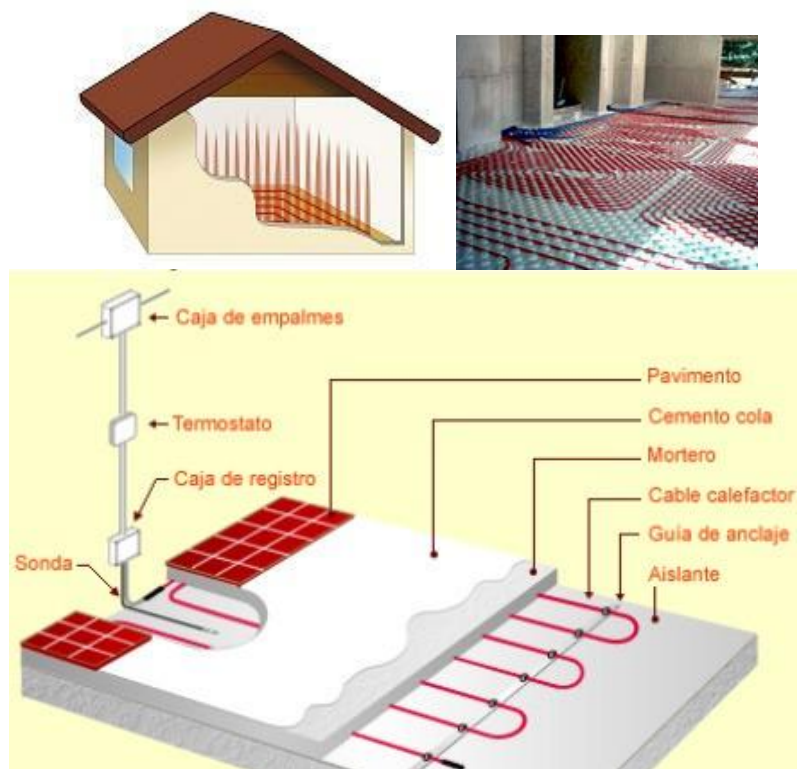
## 15. COMBUSTIÓN Y SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

Al llegar al techo, vuelve a bajar hasta el suelo donde vuelve a subir de nuevo a través del radiador, calentándose otra vez para repetir el ciclo.



### – Instalaciones con suelo radiante.

Son instalaciones que emiten el calor por la superficie del suelo. El calor se produce en la caldera y se lleva mediante tuberías a redes de tuberías empotradas bajo el pavimento de los locales.



### – Instalaciones de aerotermos.

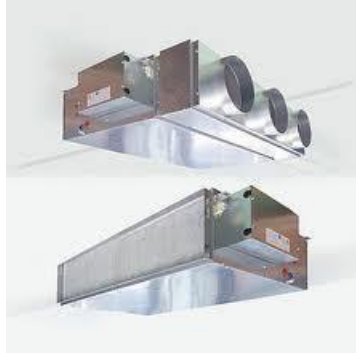
Este sistema tiene su aplicación en el calentamiento de grandes volúmenes, en los cuales prevalece la rapidez de calentamiento y no importan otras características como el nivel sonoro.

Los aerotermos consisten fundamentalmente en un serpentín de tubos por los que se hace pasar agua caliente o vapor. Un ventilador impulsa aire a través del serpentín logrando de esa manera su calentamiento y posterior impulsión hacia el local.



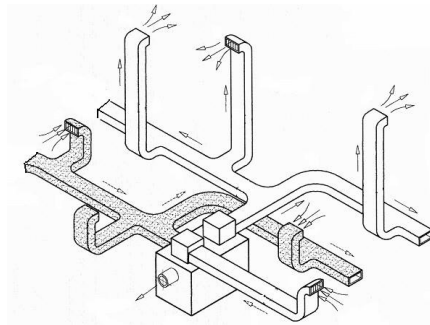
– Instalaciones de fan-coils. (Ventilador y serpentín).

Las instalaciones con fan-coils son similares a las que emplean aerotermos, pero en este caso además de emitir aire caliente, los fan-coils pueden ser alimentados con agua fría para refrigerar los locales en periodos calurosos. Este sistema es muy empleado en edificios de oficinas, hospitales, etc. ya que además de ser utilizados tanto para calentar como para enfriar su colocación es apta tanto en suelo, paredes (murales) o en el techo.



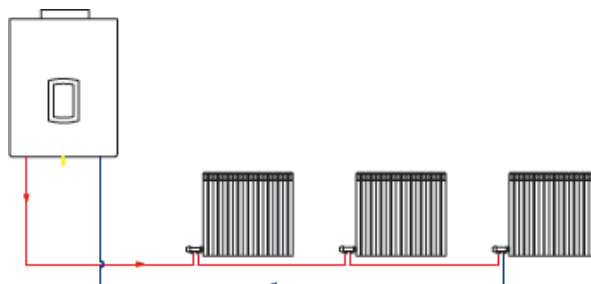
– Instalaciones de aire caliente

Básicamente, este sistema está formado por un generador de calor al que llega aire proveniente del exterior, del interior o, en el mejor de los casos una mezcla de ambos. El aire al pasar por el generador se calienta y es expulsado ya caliente (65 a 80oC) hacia un circuito de conductos que distribuyen el aire por los diferentes locales expulsándolo a través de bocas de impulsión.



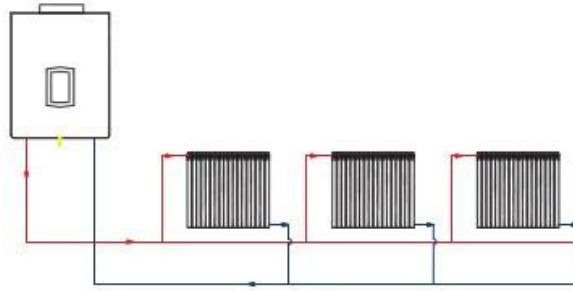
8.5. En función de la red de conexión de los aparatos

– Instalaciones monotubo.

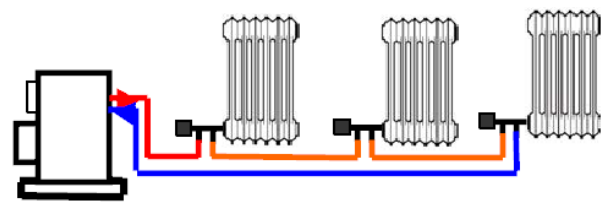
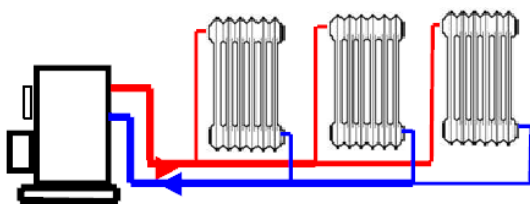
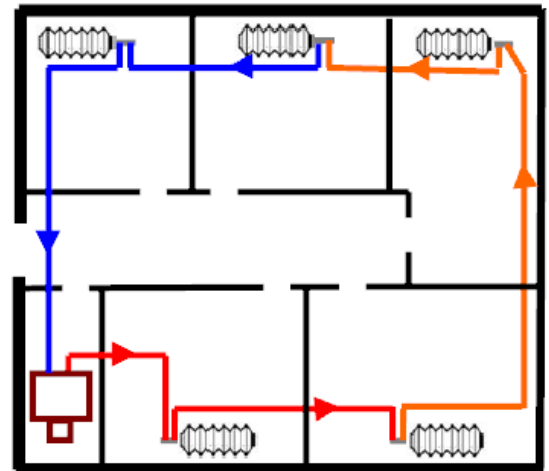
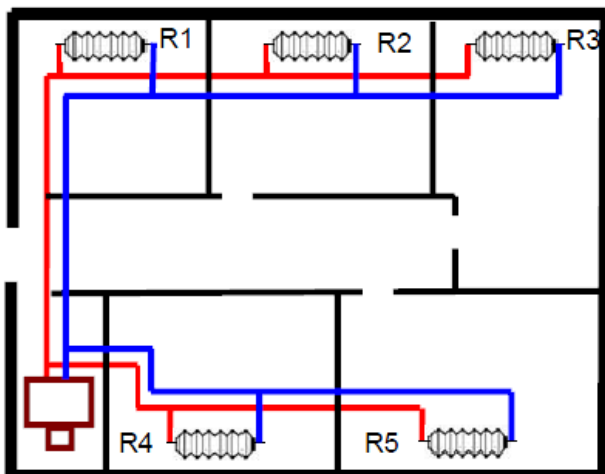
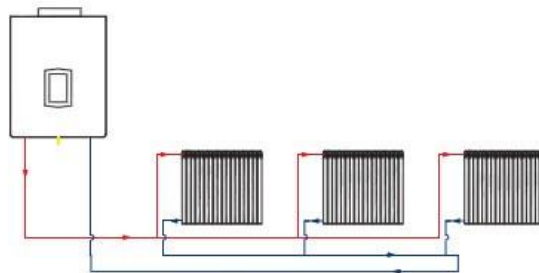


- Instalaciones bitubo

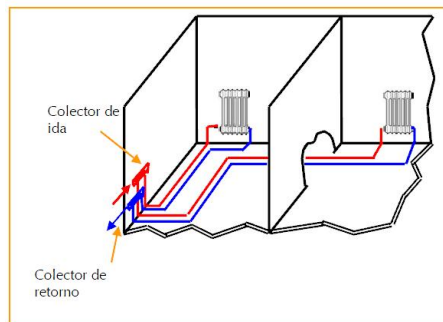
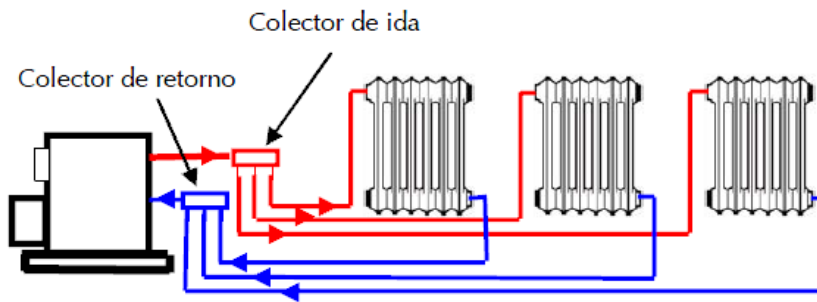
A) de retorno directo.



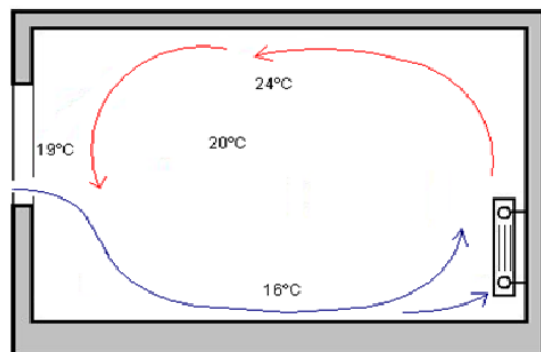
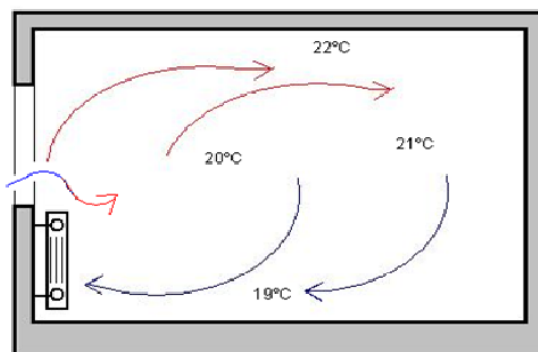
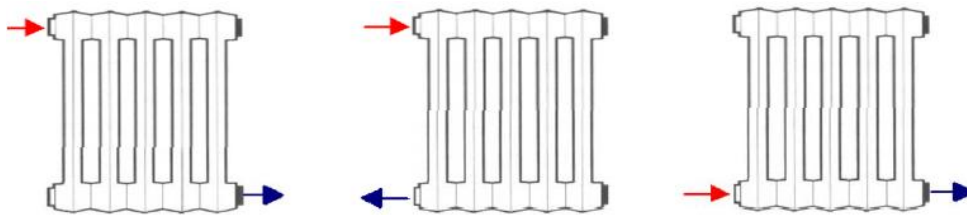
B) de retorno invertido.



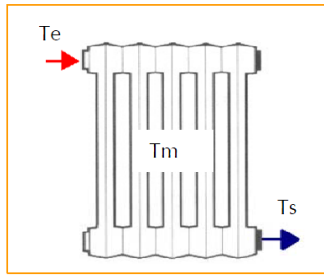
Instalación de calefacción con colectores:



Conexión de radiadores:



Calculo del número de elementos. Salto térmico:



Siendo:

**Te** = Temperatura de entrada

**Ts** = Temperatura de salida

**Tm** = Temperatura media

**Ta** = Temperatura ambiente

$$T_m = \frac{T_e + T_s}{2} \quad \Delta T = T_m - T_a$$

Para una temperatura de entrada del agua en el radiador de 80 °C, temperatura de salida de 60 °C y temperatura ambiente de 20 °C (estos valores son habituales pero no fijos), obtendríamos un salto térmico de 50 °C.

$$T_m = \frac{80 + 60}{2} = 70 \text{ °C}$$

$$\Delta T = 70 - 20 = 50 \text{ °C}$$

Modelo	Características físicas				Características térmicas (EN 442 ΔT 50° C)		
	Altura entre ejes A mm	Altura total B mm	Peso kg / elem.	Contenido agua l / elem.	Pot. nominal W / elem.	Pot. nominal Kcal / h / elem.	Ec. térmica exponente (n)
<b>Open 350</b>	350	430	1,06	0,43	<b>93,8</b>	80,7	1,287
<b>Open 500</b>	500	580	1,39	0,57	<b>123,1</b>	105,9	1,379
<b>Open 600</b>	600	680	1,54	0,66	<b>140,1</b>	120,5	1,304
<b>Open 700</b>	700	780	1,80	0,76	<b>157,6</b>	135,5	1,322
<b>Open 800</b>	800	880	2,01	0,86	<b>176,8</b>	152,0	1,326

Siendo:

$$Q = Q_{50} \left( \frac{\Delta t}{50} \right)^n$$

**Q** = Emisión calorífica buscada para el nuevo salto térmico

**Q<sub>50</sub>** = Emisión calorífica para Δt = 50 °C

**Δt** = Salto térmico utilizado

**n** = Exponente de la curva característica del emisor  
(dato dado por el fabricante)

Ejemplo:

¿Cuál será la potencia de un radiador Open 600 de Manaut, de 6 elementos, que está montado en una instalación en la que se dan los siguientes valores?

$$T_e = 90 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_s = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_a = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_m = \frac{90 + 70}{2} = 80 \text{ }^\circ\text{C}; \text{ y por tanto : } \Delta t = 80 - 20 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

Finalmente :

$$Q = Q_{50} \left( \frac{\Delta t}{50} \right)^n ; Q = 120,5 \left( \frac{60}{50} \right)^{1,304} = 152,84 \text{ kcal/h}$$

Con un  $\Delta t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$  la emisión calorífica aumenta, ya que cuanto mayor es la diferencia entre la temperatura del ambiente y la del radiador, éste más calor cede.

Sin embargo, a pesar de esta ventaja, incrementar el salto térmico, aumentando la temperatura del agua, ocasiona pérdidas de calor superiores y más posibilidades de quemar el polvo en suspensión contenido en el aire, causando las típicas manchas oscuras en la pared.

Ejemplo de cargas térmicas:

La siguiente tabla muestra los resultados tras hallar la potencia (kcal/h) de los radiadores que tendrías que colocar en una vivienda situada en Logroño. La vivienda, situada en la 3ª planta de un edificio de 7 alturas, en el que no existe calefacción central, fue construida en 1969 y no se han realizado reformas de importancia, además posee los huecos y superficies especificadas en la tabla.

Nº	UTILIZACIÓN	SUPERFICIE m <sup>2</sup>	FACTOR A	FACTOR B	FACTOR C	POTENCIA DEL RADIADOR (kcal/h)
1	Dormitorio 1	12	81	1,10	1,44	1.539,6
2	Dormitorio 2	14	81	1,10	1,44	1.796,25
3	Cocina	10	76	1,10	1,44	1.203,84
4	Sala de estar	21	90	1,10	1,44	2.993,76
5	Baño exterior	5	85	1,10	1,44	673,2

## 15. COMBUSTIÓN Y SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

En el caso de emplear el **sistema monotubo**, para calcular la potencia de los radiadores, se deben utilizar ciertos coeficientes para corregir el efecto que tiene en los últimos emisores la llegada a éstos de agua más fría. Estos coeficientes se recogen en la siguiente tabla.

Orden emisor en el anillo	Factor de corrección Número emisores del anillo			
	4	5	6	7
1º	1,03	1,01	1	0,9
2º	1,10	1,07	1,05	1,04
3º	1,17	1,13	1,10	1,08
4º	1,25	1,19	1,15	1,12
5º	—	1,25	1,20	1,16
6º	—	—	1,25	1,20
7º	—	—	—	1,25

Partamos de los datos y resultados del ejemplo anterior, y hallemos ahora las nuevas potencias que tendrían los radiadores si el sistema de conexión elegido fuese monotubo. Suponemos un anillo de 5 emisores.

A los valores de potencia obtenidos en el ejemplo anterior les aplicamos los factores de corrección correspondientes extraídos de la tabla

UTILIZACIÓN	ORDEN EN EL ANILLO	POTENCIA INICIAL DEL RADIADOR (kcal/h)	FACTOR	POTENCIA FINAL (kcal/h)
Dormitorio1	1º	1.539,6	<b>1,01</b>	<b>1.554,99</b>
Dormitorio 2	2º	1.796,25	<b>1,07</b>	<b>1.921,98</b>
Cocina	3º	1.203,84	<b>1,13</b>	<b>1.360,33</b>
Sala de estar	4º	2.993,76	<b>1,19</b>	<b>3.562,57</b>
Baño exterior	5º	673,2	<b>1,25</b>	<b>841,5</b>

Calculo del número de elementos con el modelo open 500:

$$\text{Nº de elementos} = \frac{\text{Potencia requerida}}{\text{Potencia por elemento}}$$

$$\text{Nº de elementos} = \frac{1.539,6 \text{ kcal/h}}{105,9 \text{ kcal/h}} = 14,5 \approx 15 \text{ elementos}$$

## 15. COMBUSTIÓN Y SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

Calculemos ahora el número de elementos que requieren los radiadores instalados en los huecos del ejemplo anterior, si se emplea en este caso el modelo Open 600 de Manaut.

Nº	USO	SUPERFICIE m <sup>2</sup>	POTENCIA DEL RADIADOR (kcal/h)	Nº DE ELEMENTOS
1	Dormitorio1	12	1.539,6	12,77 ≈ 13
2	Dormitorio 2	14	1.796,25	14,9 ≈ 15
3	Cocina	10	1.203,84	9,99 ≈ 10
4	Sala de estar	21	2.993,76	24,84 ≈ 25 <sup>(1)</sup>
5	Baño exterior	5	673,2	5,58 ≈ 6

(1) A partir de cierto nº de elementos, aproximadamente 20, el rendimiento del radiador desciende notablemente, por lo que es aconsejable, si se da el caso, dividir los elementos en varios emisores.

### Calculo simplificado de tuberías

*Sistemas bitubo:*

<b>SELECCIÓN DE LAS TUBERÍAS EN INSTALACIONES BITUBO</b>			
<b>Tubería de acero negro</b>		<b>Tubería de cobre</b>	
<b>kcal/h</b>	<b>ø Tubería</b>	<b>kcal/h</b>	<b>ø Tubería</b>
Hasta 1.500	3/8"	Hasta 1.500	10/12
De 1.500 a 4.600	1/2"	De 1.500 a 2.500	12/14
De 4.601 a 10.500	3/4"	De 2.501 a 3.100	13/15
De 10.501 a 19.500	1"	De 3.101 a 3.700	14/16
De 19.501 a 41.800	1 1/4"	De 3.701 a 5.100	16/18
De 41.801 a 61.600	1 1/2"	De 5.101 a 9.500	20/22
		De 9.501 a 17.600	25/28
		De 17.601 a 33.000	32/35
		De 33.001 a 56.000	39/42

*Sistemas monotubo:*

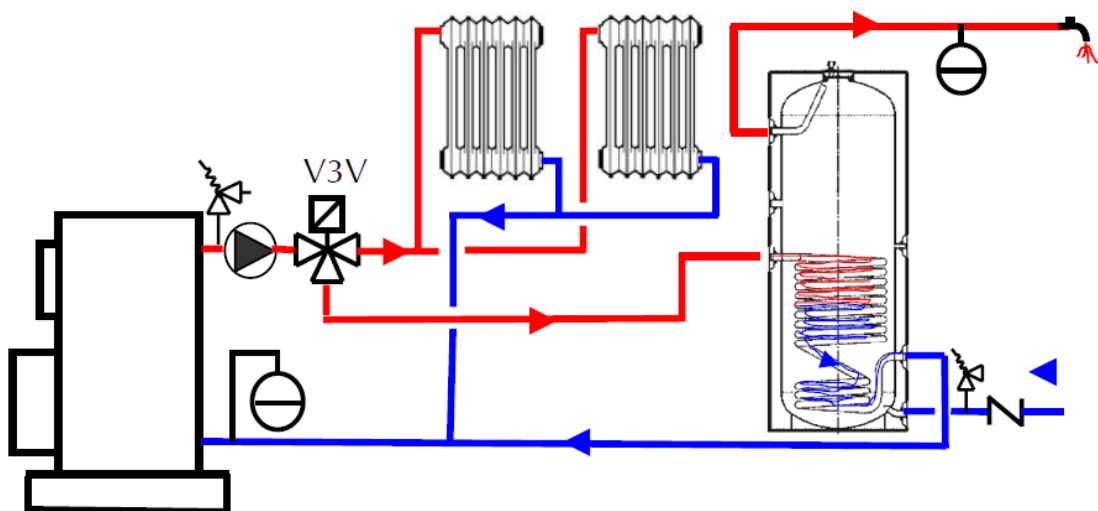
Potencia kcal/h hasta	Nº radiadores del anillo				
	3	4	5	6	7
3.000	12/14	12/14	—	—	—
3.500	12/14	12/14	12/14	—	—
4.000	12/14	12/14	12/14	13/15	—
4.500	12/14	12/14	13/15	13/15	14/16
5.000	13/15	13/15	14/16	14/16	14/16
5.500	14/16	14/16	14/16	14/16	16/18
6.000	14/16	14/16	14/16	16/18	16/18
6.500	14/16	14/16	16/18	16/18	Zona dos anillos
7.000	16/18	16/18	16/18	16/18	
7.500	16/18	16/18	16/18	16/18	

*Selección número de anillos y diámetro de tubería, instalaciones monotubo, radiadores.*

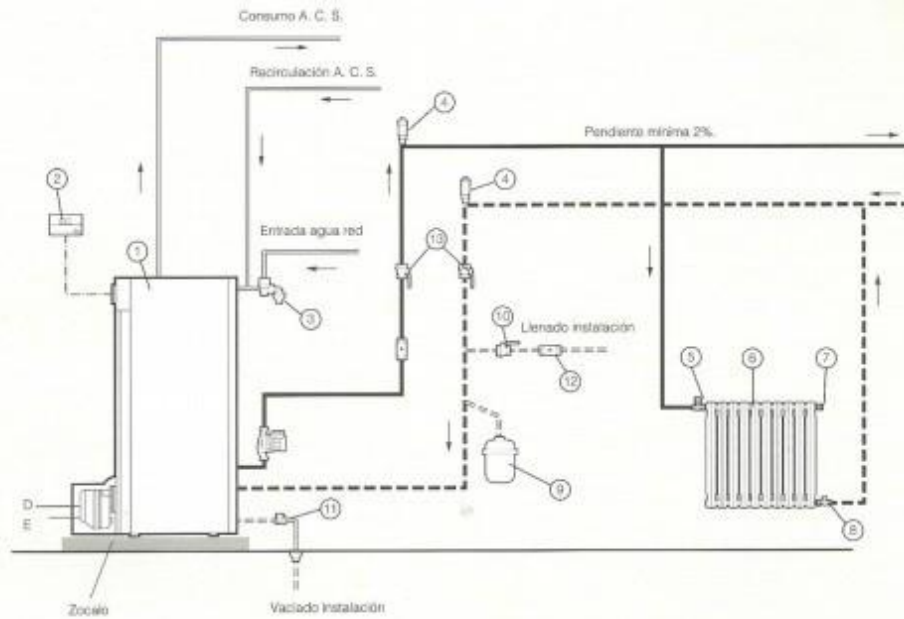
Completa la siguiente tabla hallando la potencia (en kcal/h) de los radiadores que se deberían colocar en una vivienda unifamiliar con una única planta y en construcción (con un buen aislamiento), localizada en Oviedo en una finca privada con los huecos y superficie que se especifican en la propia tabla.

Nº	UTILIZACIÓN	SUPERFICIE m <sup>2</sup>	FACTOR A	FACTOR B	FACTOR C	POTENCIA DEL RADIADOR
1	Dormitorio 1	8				
2	Dormitorio 2	8				
3	Dormitorio 3	11				
4	Cocina	9				
5	Sala de estar	18				
6	Baño exterior	4				

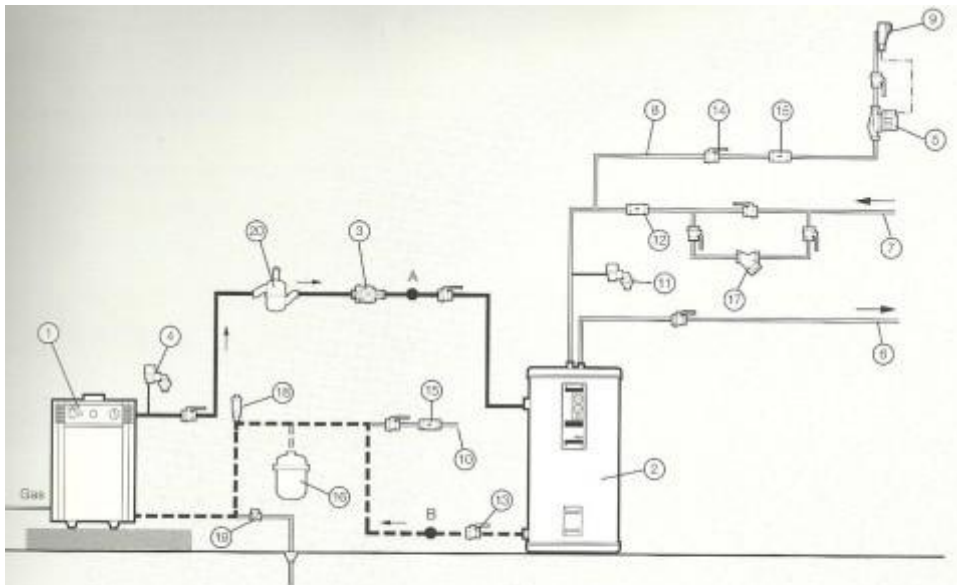
Halla también el número de elementos con el radiador de dubal 60 de baxi roca en sistema monotubo



Esquema hidráulico con grupo térmico mixto de gasóleo para calefacción y producción de Agua Caliente Sanitaria por acumulación



- |                              |                                     |                                    |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1. - Grupo Térm. NGO 50/GTA. | 6. - Emisor.                        | 11. - Válvula de desagüe.          |
| 2. - Termostato de ambiente. | 7. - Purgador de emisor.            | 12. - Válvula de retención.        |
| 3. - Embudo grupo seguridad. | 8. - Enlace defensor.               | 13. - Válvula de esfera.           |
| 4. - Purgador automático.    | 9. - Depósito de expansión cerrado. | D - Tubería aspiración de gasóleo. |
| 5. - Llave emisor.           | 10. - Válvula llenado instalación.  | E - Tubería retorno de gasóleo.    |



- |  |  |                                      |                           |
|--|--|--------------------------------------|---------------------------|
| 1. - Caldera a gas G-100 IE.                                 | 7. - Entrada agua de red.                  | 13. - Válvula de esfera de 1 1/4".   | 19. - Válvula de desagüe. |
| 2. - Depósito de acero inoxidable de 200 l., 300 l. ó 500 l. | 8. - Recirculación A.C.S.                  | 14. - Válvula de esfera de 3/4".     | 20. - Separador de aire.  |
| 3. - Circulador c. primario.                                 | 9. - Termostato mando recirculación.       | 15. - Válvula de retención de 3/4".  |                           |
| 4. - Válvula de seguridad.                                   | 10. - Llenado agua instalación.            | 16. - Depósito de expansión cerrado. |                           |
| 5. - Circulador recirculación A.C.S.                         | 11. - Embudo válvula de seguridad.         | 17. - Filtro.                        |                           |
| 6. - Consumo de A.C.S.                                       | 12. - Válvula de seguridad tarada a 7 bar. | 18. - Purgador automático.           |                           |