

UF0565: Eficiencia energética en las instalaciones de calefacción y ACS en los edificios

Elaborado por: Daniel Navas Carrillo

Edición: 5.0

EDITORIAL ELEARNING S.L.

ISBN: 978-84-16360-84-0 • Depósito legal: MA 318-2015

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra bajo cualquiera de sus formas gráficas o audiovisuales sin la autorización previa y por escrito de los titulares del depósito legal.

Impreso en España - Printed in Spain

Presentación

Identificación de la Unidad Formativa

Bienvenidos a la Unidad Formativa UF0565: **Eficiencia energética en las instalaciones de calefacción y ACS en los edificios**. Esta Unidad Formativa pertenece al Módulo Formativo MF1194_3: **Evaluación de la eficiencia energética de las instalaciones en edificios**, que forma parte del certificado de profesionalidad **ENAC0108: Eficiencia energética de edificios**, de la familia profesional de Energía y Agua.

Presentación de los contenidos

La finalidad de esta Unidad Formativa es enseñar al alumno a determinar la eficiencia energética de las instalaciones de calefacción y ACS en los edificios. Para ello, en primer lugar se introducirán los conceptos básicos de la termodinámica, la transmisión de calor, la combustión y los combustibles. A continuación, se profundizará en las características principales de las instalaciones de calefacción y producción de ACS, las redes de transporte y los equipos terminales de calefacción. Posteriormente, se analizarán los procesos de regulación y control de instalaciones de calor y de diseño eficiente de las instalaciones de calefacción y ACS. Para terminar la unidad, se hará hincapié en la contribución solar para agua caliente sanitaria y piscinas y en el rendimiento y eficiencia energética de los elementos de las instalaciones térmicas.

Objetivos del módulo o unidad formativa

- Calcular la eficiencia energética de los generadores de calor, circuladores y redes de tuberías de distribución, mediante el análisis de la constitución y el funcionamiento de los mismos, conforme a la normativa vigente.
- Analizar el funcionamiento de los sistemas de control, telegestión, aparatos de medida y comprobar que contribuyen a la eficiencia energética de la instalación de calefacción y ACS conforme a la normativa vigente.
- Determinar la exigencia de utilización de energías renovables y de limitación de la utilización de energía eléctrica en las instalaciones de calefacción y ACS según normativa vigente.

Índice

UD1. Termodinámica y transmisión de calor	9
1.1. Conceptos básicos de la termodinámica	11
1.1.1. Unidades y conversión	14
1.1.2. Concepto de energía y calor.....	22
1.1.3. Escalas termométricas	29
1.2. Trasmisión de calor	35
1.2.1. Mecanismos de transmisión de calor	36
1.2.2. Conducción. Ley de Fourier.....	42
UD2. Combustión y combustibles	53
2.1. Combustión.....	55
2.1.1. Conceptos básicos de combustión	58
2.1.2. Tipos de combustión.....	62
2.1.3. Exceso de aire	76
2.1.4. Diagramas de combustión.....	79
2.2. Combustibles	88
2.2.1. Combustibles sólidos. Tipos de instalaciones: biomasa...	93
2.2.2. Combustibles líquidos. Tipos de instalaciones: gasóleo ...	99
2.2.3. Combustibles gaseosos. Tipos de instalaciones: gas natural y propano.....	105

UD3. Instalaciones calefacción y producción de ACS..... 117

3.1.	Definiciones y clasificación de las instalaciones	119
3.2.	Partes y elementos constituyentes.....	133
3.3.	Ánálisis funcional.....	138
3.4.	Calderas. Clasificación y funcionamiento.....	139
3.5.	Quemadores	155
3.5.1.	Quemadores de combustibles sólidos	161
3.5.2.	Quemadores de combustibles líquidos	162
3.5.3.	Quemadores de combustibles gaseosos	166
3.6.	Acumuladores e interacumuladores de agua caliente sanitaria .	169
3.7.	Depósitos de expansión.....	175
3.8.	Chimeneas.....	181

UD4. Redes de transporte..... 201

4.1.	Bombas. Tipos y características	203
4.1.1.	Bombas de rotor húmedo	219
4.1.2.	Bombas de rotor seco	221
4.1.3.	Curvas de trabajo.....	223
4.2.	Redes de tuberías.....	242
4.2.1.	Instalaciones monotubo.....	246
4.2.2.	Instalaciones bitubo retorno directo.....	247
4.2.3.	Instalaciones bitubo retorno invertido.....	249
4.2.4.	Instalaciones mediante colectores	251
4.2.5.	Aislamiento térmico de tuberías	252
4.2.6.	Válvulas. Tipos y características	254
4.2.7.	Tratamiento de agua.....	258

UD5. Equipos terminales de calefacción 269

5.1.	Radiadores	271
5.1.1.	Clasificación: Materiales y diferencial constructivo.....	277
5.1.2.	Emisión de calor	283
5.2.	Fancoils y aerotermos	298
5.2.1.	Clasificación: materiales y diferencial constructivo.....	301
5.2.2.	Emisión de calor	304

5.3. Suelo radiante.....	307
5.3.1. Principios de funcionamiento	311
5.3.2. Tipos de distribución	317
5.3.3. Elementos de aislamiento y sujeción	323
5.3.4. Tipos de tuberías	327
5.3.5. Armarios y colectores.....	338
5.3.6. Fluidificantes y hormigones especiales	344
UD6. Regulación y control de instalaciones de calor	353
6.1. Control de instalaciones de calefacción y ACS.....	355
6.1.1. Conceptos básicos de control.....	356
6.1.2. Tipos de controladores.....	367
6.1.3. Sensores.....	368
6.1.4. Válvulas de regulación	371
6.1.5. Variación de frecuencia en bombas	379
6.2. Telegestión	380
UD7. Diseño eficiente de las instalaciones de calefacción y ACS	389
7.1. Eficiencia en la generación de calor	391
7.2. Eficiencia en la distribución: redes de tuberías.....	398
7.3. Eficiencia en el control de instalaciones.....	403
7.4. Contabilización de consumos	406
7.5. Limitaciones en la utilización de la energía convencional	414
7.6. Calidad térmica del ambiente	416
7.7. Calidad e higiene del aire interior.....	423
7.8. Calidad del ambiente acústico.....	429
UD8. Contribución solar para agua caliente sanitaria y piscinas .	439
8.1. Condiciones generales.....	441
8.2. Porcentaje de contribución solar mínima	446
8.3. Pérdidas límite por orientación, inclinación o sombras.....	456
8.4. Rendimiento mínimo anual.....	459

8.5. Condiciones aplicables a las conexiones de captadores solares	461
8.6. Condiciones de los acumuladores en aplicaciones de ACS.	462
8.7. Potencia mínima de intercambiadores de calor independientes	467
8.8. Especificaciones en la colocación de tuberías.....	470
8.9. Caudales recomendados en primario	471
8.10. Condiciones que deben cumplir los grupos de bombeo.....	476
8.11. Condiciones que deben cumplir los sistemas de purga de aire	479
8.12. Sistemas auxiliares de apoyo mediante energía convencional ..	482
8.13. Condiciones que deben cumplir los sistemas de control	487
UD9. Rendimiento y eficiencia energética de los elementos de las instalaciones térmicas	497
9.1. Aparatos de medida.....	499
9.2. Mediciones energéticas	511
9.3. Rendimiento de generadores de calor	530
9.3.1. Cálculo del rendimiento: método directo e indirecto...	530
9.3.2. Condiciones de toma de medidas	540
9.3.3. Valores admisibles.....	541
9.4. Rendimiento y eficiencia energética de bombas	543
9.5. Rendimiento y eficiencia energética unidades terminales	548
9.6. Registro de consumos	549
Glosario	559
Soluciones	563
Anexo	565

UD1

Termodinámica y
transmisión de calor

- 1.1. Conceptos básicos de la termodinámica
 - 1.1.1. Unidades y conversión
 - 1.1.2. Concepto de energía y calor
 - 1.1.3. Escalas termométricas
- 1.2. Trasmisión de calor
 - 1.2.1. Mecanismos de transmisión de calor
 - 1.2.2. Conducción. Ley de Fourier

1.1. Conceptos básicos de la termodinámica



En el diccionario de la Real Académica Española se define **termodinámica**, en su segunda acepción, como la rama de la física que estudia la **relación entre el calor y las restantes formas de energía**.

De este modo lo primero es entender que es energía. La definición física, define como energía a la capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo, es decir generar una determinada fuerza sobre un cuerpo. Así, la energía se puede manifestar de muy diversas maneras. Veamos algunas de ellas para entender algunos conceptos generales sobre las variantes energéticas que nos podemos encontrar a nuestro alrededor.

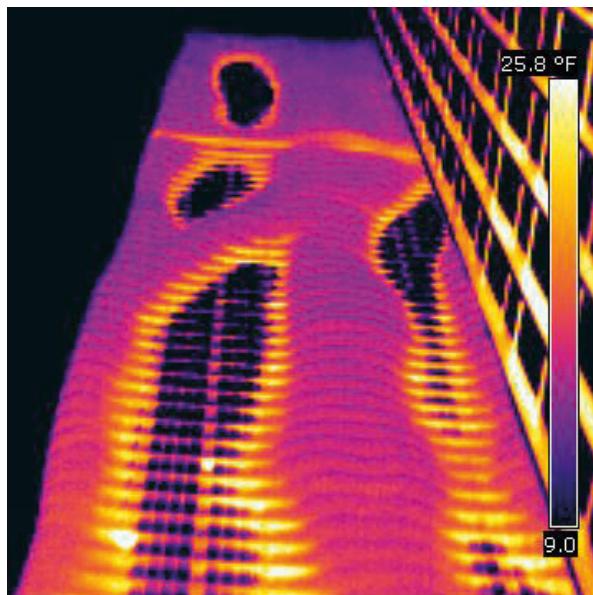


Formas de energía

La ilustración muestra el movimiento de dos bolas de tal forma que, al quitar el tope que detiene la bola gris, esta baja por la pendiente y choca con la bola roja, ejerciendo sobre esta una fuerza y transfiriéndole su energía cinética. Debido a esta energía la bola roja, que estaba en reposo, se desplaza a lo largo de la superficie plana. Pero ¿de dónde proviene la energía de la bola gris? La bola gris se desplaza gracias a la fuerza gravitatoria de la Tierra (energía potencial), provocando en su desplazamiento un rozamiento con el suelo y, en este, parte de la energía cinética se transforma en energía térmica, que se reparte entre el propio suelo y la bola roja.

Mientras que la **energía cinética**, está relacionada con el movimiento de los cuerpos, la **energía térmica**, se asocia con la temperatura de la sustancia, y responde a transformaciones internas. Pero como hemos visto, los cuerpos tienen capacidad de realizar un trabajo (energía), aunque no estén en movimiento, debido a la **energía potencial acumulada**, causada por la agitación de las moléculas de este cuerpo.

Hay que tener en cuenta según cómo se manifieste esta misma energía, se puede aprovechar de mejor o peor manera a la hora de realizar un trabajo. Aunque a priori, se considera que a igual cantidad de energía se realiza la misma cantidad de trabajo. Por lo tanto, es fundamental que tengamos en cuenta la capacidad de transformación de la energía, a la hora de poder estimar la eficiencia energética de una determinada instalación, a partir de unos datos obtenidos mediante una medición objetiva in situ.



Energía térmica radiada por una vivienda



La energía térmica es la que presenta más dificultades técnicas a la hora de ser aprovechada para ejecutar un trabajo, ya que en todo proceso físico relacionado con el movimiento se produce una conversión de energía cinética en energía térmica debida al roce de las partes móviles del sistema.

Los principios termodinámicos son los acuerdos a los que ha llegado a nivel internacional para explicar los fenómenos que se producen en la termodinámica, a partir de las distintas investigaciones que se han venido realizando a lo largo de la historia de la ciencia moderna.

Prestaremos especial atención a los siguientes principios termodinámicos.

Principales principios termodinámicos

- La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma en otra forma diferente. Primera ley de la termodinámica definida por la siguiente ecuación:

$$E_{\text{entra}} - E_{\text{sale}} = \Delta E_{\text{sistema}}$$

- La energía va transformándose continuamente hacia una forma de energía de menor calidad, principalmente energía térmica. (El nivel de calidad se condiciona a la facilidad de aprovechamiento, sin tener que recurrir a complicados mecanismos para ello).

De la segunda afirmación, también se establece, que en algunos casos es imposible convertir completamente toda la energía de un tipo en otro sin ningún tipo de pérdidas. Se reconoce así la existencia de una magnitud física para determinar la parte de la energía que no utilizarse para generar trabajo, llamada **entropía (S)**.

En otras palabras la entropía representa la irreversibilidad de los sistemas termodinámicos según la segunda ley de la termodinámica. A veces nos preguntamos porque los procesos naturales ocurren de una determinada manera, y no de otra. Esto es porque la naturaleza intenta distribuir la energía de forma equitativa, y por tanto a maximizar la entropía, ya que la entropía alcanzará su máximo cuando los sistemas se acerquen al equilibrio.

Como conclusión se obtiene que es imposible conseguir una transformación de energía sin un porcentaje de pérdidas, al no poderse aprovechar la energía térmica generada. Se introduce así el concepto de **rendimiento energético**, requerido para evaluar la viabilidad del proceso de transformación a estudiar.

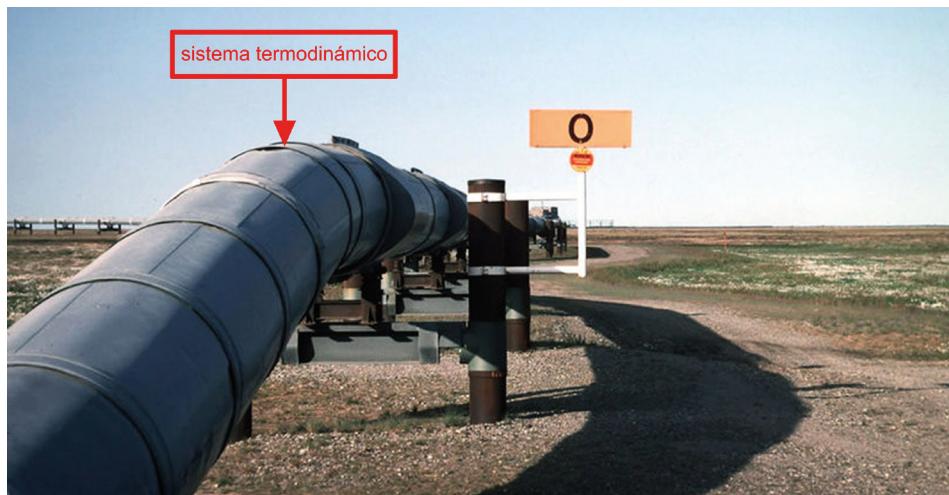
En el caso que nos atañe, utilizaremos este concepto en numerosas ocasiones para referirnos a la capacidad que tiene los elementos de una instalación, individualmente o como conjunto, para evitar la mayor cantidad de pérdidas posibles.



En determinados sectores, como en economía, el término energía también hace referencia a los recursos naturales, teniendo en cuenta la tecnología necesaria para su extracción y transformación, y su repercusión económica.

1.1.1. Unidades y conversión

En la termodinámica se tienen en cuenta las interacciones entre varios sistemas, por lo que habrá que definir qué se conoce como sistema termodinámico. Un sistema termodinámico, una instalación en nuestro caso, está separado del resto por un límite, que puede permitir o no el intercambio de energía con el entorno próximo.



Tubería de distribución de gas

Es de vital importancia conocer los tipos de sistemas que pueden existir, de cara a conocer la casuística de intercambio energético que se pueden dar entre las instalaciones de nuestros edificios y las estancias que se encuentran a su alrededor, y las posibles medidas a desarrollar para evitar o favorecer el intercambio.

Tipos de sistemas

- **Sistema cerrado.** Es un sistema donde hay intercambio de energía con el entorno próximo, pero sin embargo la cantidad de materia no cambia, por tanto es constante.
- **Sistema abierto.** Es un sistema donde se produce un doble intercambio con el entorno próximo, es decir hay un intercambio de energía y materia al mismo tiempo.
- **Sistema aislado.** Es un sistema en el que no se produce ningún tipo de intercambio con el entorno próximo.

Cualquier sistema viene definido por una serie de propiedades para determinar el estado en el que se encuentra. Estas vendrán expresadas por sus unidades características, y por las relaciones de conversión entre unas y otras. De este modo, debemos diferenciar entre las propiedades extensivas y las intensivas:

Tipos de propiedades

- **Propiedades Intensivas.** Propiedades que dependen de la masa. No son propiedades aditivas, por lo que no existe alteración alguna en el valor al dividir el sistema.
- **Propiedades Extensivas.** Propiedades que dependen de la masa, siendo recíprocamente equivalentes a las intensivas. Son propiedades aditivas, ya que el valor para el conjunto del sistema una vez dividido es la suma de los valores de cada una de las partes.

Propiedades intensivas

Recuerda que las propiedades intensivas son aquellas que dependen de la masa. No son propiedades aditivas, por lo que no existe alteración alguna en el valor al dividir el sistema.

– Presión:

La presión es la magnitud física que mide la fuerza aplicada en dirección perpendicular sobre una superficie. En el sistema Internacional la presión se mide en Pascales (Pa), que, siguiendo la definición anterior, Un Pascal equivale a una unidad de fuerza (Newton) actuando uniformemente sobre una superficie (m^2).

$$P = \frac{F(N)}{A (m^2)} = Pa$$

Donde:

- P = Presión (Pa)
- F = Fuerza aplicada para ejercer dicha presión (N)
- A = Superficie sobre la que se aplica la presión (m^2)

Hay que tener en cuenta que no siempre tendremos acceso a los datos de nuestras evaluaciones en el Sistema Internacional. En ese caso, es altamente aconsejable conocer el procedimiento para convertir unas unidades en otras, de modo que rápidamente podamos comparar estos datos, con nuestros datos de referencia manejados con asiduidad.

La **conversión de unidades**, no es más, que la transformación del valor definido en una determinada unidad de medida, en otro valor expresado en otra unidad de medida que define la misma magnitud.

Otras unidades equivalentes de Presión	
Unidades	Equivalencia Pa (N/m ²)
bar	10 ⁻⁵
N/mm ²	10 ⁻⁶
Kp/m ²	0,102
atm	9,869 x 10 ⁻⁶
mmHg	0.0075

- Conversión de unidades:

A continuación desarrollaremos dos de los métodos de conversión más extendidos y de mayor facilidad de aplicación a la hora de conocer la equivalencia entre dos unidades de medidas de la misma propiedad.

- Multiplicación en cruz:

En primer lugar aplicaremos la multiplicación en cruz, comúnmente conocida como regla de tres con el siguiente ejemplo.

Tenemos una presión de 760 mmHg, y queremos saber en cuantos pascales corresponden. Lo primero es partir de la equivalencia estudiada siguiente:

$$1 \text{ Pa} = 0.0075 \text{ mmHg}$$

Si multiplicamos en cruz nos resulta el siguiente sistema de proporcionalidad:

$$1 \text{ Pa} = 0.0075 \text{ mmHg}$$

$$X \text{ Pa} = 750 \text{ mmHg}$$

Despejando X del sistema, nos resulta la siguiente ecuación:

$$X = \frac{1 \text{ Pa} \times 750 \text{ mmHg}}{0.0075 \text{ mmHg}} \approx 100.000 \text{ Pa}$$

- **Conversión por fases.**

Si ahora queremos transformar estos 100.000 Pa, en N/mm², sin recurrir a la misma fórmula utilizada anteriormente, lo podemos realizar sabiendo que:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10^6 \text{ mm}^2$$

Lo primero que debemos realizar es la convertimos de Pascales en N/m²:

$$100.000 \text{ Pa} = 105 \text{ N/m}^2$$

$$X = \frac{10^5 \text{ N}}{\text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^2}{10^6 \text{ mm}^2} \approx 10^{-1} \text{ N/mm}^2$$



Estos procedimientos estudiados no son exclusivos para las unidades de presión, sino son formas generales de conversión de unidades, y podremos utilizarlas para muchas más propiedades y conceptos a lo largo de esta y otras unidades.

- **Temperatura:**

Es una magnitud que relaciona la energía interna de un sistema termodinámico. Se define por el principio cero de la termodinámica, que en palabras que podemos entender todos viene a decir que si se pone en contacto un objeto frío con otro que se encuentra a mayor temperatura, ambos modifican esta, hasta que esta se igualan.

Su unidad en el Sistema Internacional es el Kelvin (K), aunque actualmente se utilizan otras unidades de medida complementarias, que serán estudiadas de forma más detallada en el apartado 1.1.3 *escalas termométricas*.

- **Densidad:**

Es una magnitud que nos sirve para determinar la cantidad de masa de un determinado sistema que está contenido en un determinado volumen definido por este. Se establece como densidad media al cociente entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.

Su unidad en el Sistema Internacional es el Kg/m³.

$$\rho = \frac{m \text{ (Kg)}}{V \text{ (m}^3\text{)}}$$

- **Propiedades extensivas**

Recuerda que las propiedades extensivas son aquellas que dependen de la masa, siendo recíprocamente equivalentes a las intensivas. Son propiedades aditivas, ya que el valor para el conjunto del sistema una vez dividido es la suma de los valores de cada una de las partes.

– **Volumen:**

El volumen es el espacio encerrado dentro de un sistema termodinámico definido como la extensión en tres dimensiones de una región del espacio. Es una magnitud derivada de la longitud, al ser el resultado de multiplicar esta por el ancho y la altura.

Su unidad en el Sistema Internacional es el m^3 .

$$V = l \times a \times h (m^3)$$



La densidad es una magnitud que a simple vista nos cuesta detectar. A veces cogemos un objeto que nos resulta más o menos pesado que lo que podría parecer, ya que ante un mismo volumen, cuanta más masa, la densidad de este será mayor, y por tanto nuestra sensación será que pesa más.

La relación entre las magnitudes intensivas y extensivas de un sistema termodinámico viene establecida por la ecuación del gas ideal.

$$P \times V = n \times R \times T$$