

MÓDULO SEIS INSTALACIONES DE
CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN

U.D. 5 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

M 6 / UD 5

ÍNDICE

Introducción.....	233
Objetivos	235
1. Concepto de carga térmica	237
2. Condiciones interiores de confort.....	240
2.1. Fijación de las condiciones interiores de confort, según RITE	241
2.2. Fijación de las condiciones interiores de confort, según Norma europea 1752	241
3. Condiciones exteriores de cálculo.....	243
3.1. Según UNE 100-014-85. Nivel percentil	243
3.2. Condiciones interiores y exteriores recomendadas para cálculo	244
4. Repaso de psicrometría del aire	245
4.1. El aire húmedo.....	245
4.2. Humedad absoluta.....	245
4.3. Humedad relativa.....	246
4.4. Cambio de la humedad relativa al cambiar la temperatura.....	246
4.5. Volumen específico del aire	247
4.6. Entalpía del aire húmedo	248
4.7. Concepto de calor latente y calor sensible	249
5. El ábaco psicrométrico	250
5.1. Encontrar la humedad absoluta para unas condiciones dadas	251
5.2. Temperatura húmeda	252
5.3. Punto de rocío.....	254
6. Procesos de cambio de aire	256
6.1. Enfriamiento en una batería de un climatizador.....	256
6.2. Calentamiento en una batería de calor	257
6.3. Mezcla de aires	258
7. Datos de partida para un estudio de cargas de climatización	259

7.1.	Localización.....	259
7.2.	Características del local	259
7.3.	Ocupación	260
7.4.	Uso	261
8.	Métodos de cálculo de la demanda térmica:	
	precisión necesaria.....	262
9.	Cálculo simplificado, por superficie y uso del local.....	263
10.	Cálculo de la demanda térmica con hoja de carga simple...	265
10.1.	Insolación en la ventana más expuesta.....	266
10.2.	Transmisión por paramentos	266
10.3.	Aparatos	266
10.4.	Ocupantes.....	266
10.5.	Ventilación.....	266
10.6.	Coeficientes de seguridad	266
11.	Cálculo con hoja de carga completa.....	268
11.1.	Condiciones exteriores e interiores.....	269
11.2.	Ganancias sensibles por radiación	269
11.3.	Sensible transmisión por paramentos.....	270
11.4.	Sensible aire exterior	271
11.5.	Cálculo sensible interno	272
11.6.	Sensible por ocupantes.....	272
11.7.	Resumen de calor sensible	272
11.8.	Latente aire exterior	273
11.9.	Latente por aparatos.....	273
11.10.	Latente ocupantes.....	273
11.11.	Total latente.....	274
12.	Cálculo de la carga de calefacción	275
13.	Cálculo por programas informáticos	276
	Resumen	277
	Anexo. Hojas de datos	279
	Laboratorio.....	285
	Bibliografía	287

INTRODUCCIÓN

Con este tema aprenderemos a calcular el equipo climatizador necesario para un local determinado.

Se describen varios métodos, más o menos complejos, y se aportarán varias tablas y gráficos, con datos de condiciones interiores, exteriores, de paramentos tipo, etc.

También conoceremos valores usuales para distintos tipos de locales, para poder tener un apoyo.

La duración para la unidad didáctica es de 8 horas.

Cálculo de cargas térmicas:

Por cálculo de cargas se entiende el proceso de determinar la cantidad de calor que hay que extraer o aportar a un local de unas determinadas características, y situado en una zona determinada, para mantener su interior en unas condiciones de confort para las personas.

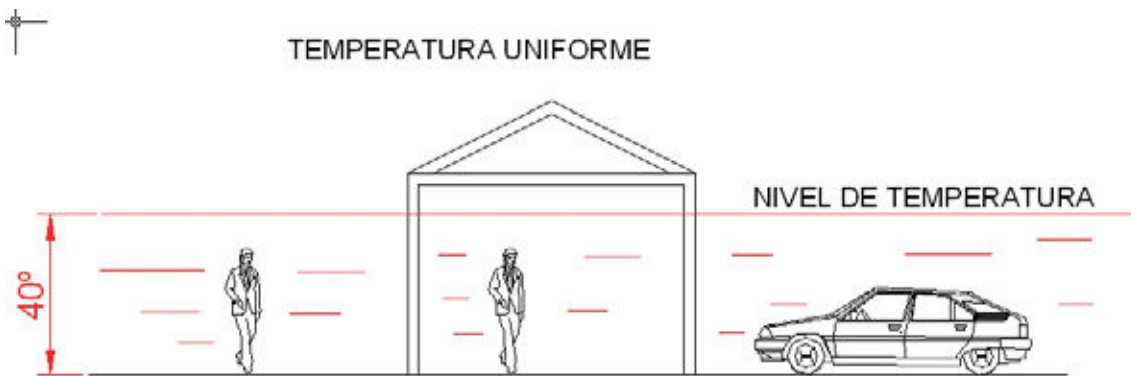
OBJETIVOS

El alumno al finalizar esta unidad didáctica será capaz de calcular las necesidades de climatización de un local en sus componentes de refrigeración, calefacción, ventilación y condiciones de humedad que aseguren el estado de confort.

1. CONCEPTO DE CARGA TÉRMICA

Si un local no dispone de climatización, su temperatura se adaptará a la del ambiente, si hace frío estará helado, y cuando haga calor será caluroso.

En la mayoría de los casos estará más caliente que el ambiente, debido a la radiación solar sobre techo, paredes y ventanas, o por el calor desprendido por sus ocupantes e instalaciones interiores.



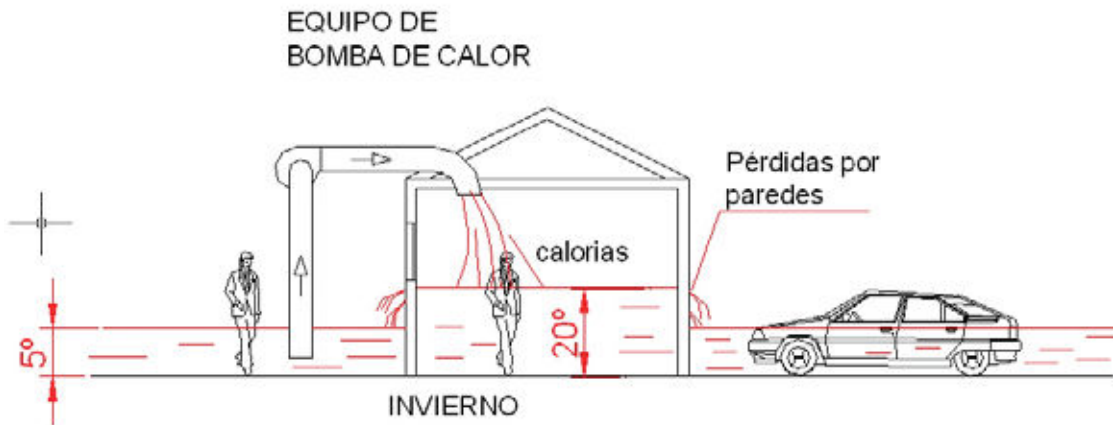
En el momento que queremos que su temperatura se mantenga en un valor distinto al del exterior, y a voluntad de sus ocupantes, hay que sacar o meter calorías del local al exterior.

Recordemos que el calor fluye del cuerpo más caliente al más frío, y por ello, al crear una diferencia de temperatura entre el local y el exterior, se inicia una transferencia de calor por las paredes, suelos, ventanas, y aire de ventilación, que tiende de nuevo a igualar su temperatura con el exterior.

En verano para enfriar el local con un climatizador, hay que extraer calorías, y la transmisión de calor por las paredes es hacia el interior.



En invierno hay que introducir calorías, y las pérdidas de calor son hacia el exterior.



Al final se alcanza un equilibrio entre la potencia del equipo acondicionador, y las transmisiones que por las paredes, techo, etc., tienden a restablecer la temperatura inicial.

En ambos casos las calorías que entran o salen del local las llamamos “**pérdidas de calor**”, y hay que calcularlas para determinar la potencia del aparato climatizador a instalar. El total de calor necesario a meter o sacar del local lo denominaremos “**demanda térmica**” del local.

Vemos que hay al menos tres datos necesarios:

- **Temperatura interior**, que dependen del uso del local.
- **Temperatura exterior**, que dependen de la zona en la que se ubique, si es más fría o calurosa.
- **Condiciones de las paredes y techos del local**, si está más o menos aislado térmicamente.

La bomba de calor

Hemos visto que para calentar un local hay que aportar calorías al mismo. Esto podemos hacerlo de varias formas:

- Quemando un combustible como madera, gasóleo, gas.
- Convirtiendo la corriente eléctrica en calor por efecto Joule (estufas eléctricas).
- Con un climatizador, también llamado bomba de calor porque su funcionamiento es mover calorías del exterior al interior y viceversa.

- Aprovechando la energía solar en instalaciones especiales (energías alternativas).

Descontando las energías alternativas por ser gratuitas y considerando que no en todas las ocasiones es posible usarlas, el proceso más eficiente es el de la bomba de calor, ya que no compramos las calorías que necesitamos, sino que sólo pagamos por moverlas.

Los equipos de aire acondicionado son **bombas de calor** que extraen calorías del interior del local, y las vierten en el ambiente exterior.

Quede claro pues que para enfriar un local hay que tener un sistema donde **verter** las calorías sobrantes, pues la energía ni se crea ni se destruye.

2. CONDICIONES INTERIORES DE CONFORT

Confort:

Se denomina condiciones de confort al ambiente en las que las personas tienen la sensación de bienestar.

Las condiciones de confort de las personas dependen de varios factores, pero principalmente de la temperatura, la humedad del aire, y la velocidad del aire.

Tenemos que comprender que las personas somos mamíferos con temperatura corporal constante en $36,5^{\circ}\text{C}$. Para mantener esta temperatura independientemente de la exterior, el cuerpo utiliza dos mecanismos:

- Para aumentar la temperatura quema grasas.
- Para hacer descender la temperatura evapora sudor.

El sudor en la piel se evapora facilitado por el movimiento del aire, y al pasar de líquido a vapor absorbe 540 kcal/kg , que enfrían la piel.

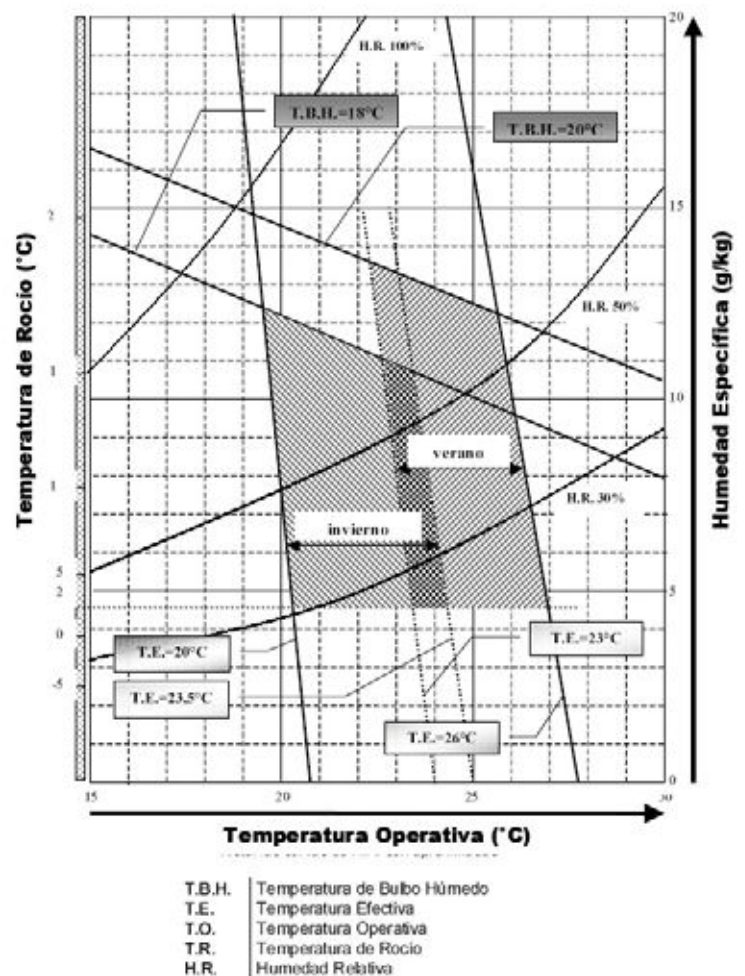
Por ello la velocidad del aire produce sensación de confort en verano, pero en invierno perjudica. En la gráfica siguiente podemos ver las condiciones que resultan confortables para las personas en verano e invierno.

En el eje horizontal tenemos la Humedad relativa, y en el eje vertical la temperatura.

Vemos que la temperatura adecuada es mayor en verano que en invierno, y ello es debido a que en verano solemos llevar menos ropa que en invierno.

Las condiciones de confort pueden variar también de

Gráfico de zona de confort



acuerdo con el nivel de actividad física de los ocupantes, a mayor actividad, menor temperatura.

También observamos cómo la humedad aumenta la sensación de calor, y en invierno disminuye la sensación de frío. Pensemos que en el desierto se pueden soportar bien temperaturas de más de 40° C, debido a que el ambiente es muy seco.

2.1. Fijación de las condiciones interiores de confort, según RITE

Para proyectar una instalación, deberemos fijar unas condiciones interiores de temperatura y humedad, que nos vienen indicadas en varias normas, de acuerdo con el uso del local:

El RITE, en su instrucción 02.2.1 hace referencia a la norma UNE EN ISO 7730, y la resume en la tabla siguiente, que fija las condiciones de las zonas ocupadas:

Estación	Temperatura interior ° C	Velocidad media aire m/s	Humedad relativa %
Verano	23 a 25	0,18 a 0,24	40 a 60
Invierno	20 a 23	0,15 a 0,20	40 a 60

La zona ocupada donde se aplica es el volumen comprendido entre:

- 10 cm sobre el suelo a 2 m de alto.
- 1 m de ventanas o 0,50 m de paredes sin ventanas.

No son zonas ocupadas:

- Zonas de tránsito
- Zonas cercanas a puertas.
- Zonas cercanas a aparatos productores de calor o rejillas de impulsión.

2.2. Fijación de las condiciones interiores de confort, según Norma europea 1752

La Norma Europea 1752 (ver Anexo 1) es una norma más reciente, y por tanto más restrictiva, que establece las condiciones interiores en edificios.

También nos indica unos valores de temperatura y humedad según las estancias, en verano e invierno, además de la velocidad máxima del aire, el caudal de aire de ventilación, y el ruido máximo.

Resumen y criterios para verano e invierno

De acuerdo con el RITE, estamos obligados a tomar unos valores máximos y mínimos de temperatura en los locales:

Verano:

- En los locales la temperatura de confort en verano puede oscilar entre 23 y 25° C, dependiendo del nivel de actividad en el interior.
- Para locales con personas sentadas, es suficiente 25° C. Si las personas están de pie y paseando, tomar 24° C. En locales con ejercicio físico, tomar 23° C.

No es recomendable situarse fuera de estos valores, pues temperaturas inferiores a 23° C provocan resfriados, y las superiores a 25, sudoración.

Invierno:

- La temperatura para la mayoría de actividades es de 20° C, y la de los espacios no ocupados y de servicio, 17° C.
- En hospitales, residencias y hoteles, 21° C.
- Zonas con gran confort, 22° C.

No conviene superar los 22° C, pues las personas tienden a abrir las ventanas por exceso de calor, y derrocharemos energía.

Locales de trabajo o industriales:

Las normas sobre condiciones de seguridad en centros de trabajo también obligan a que la temperatura en talleres e industrias esté dentro de unos márgenes:

- Temperatura de 17 a 27° C.
- Humedad relativa de 30 a 70%.

3. CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO

Hemos visto que las condiciones exteriores de temperatura y humedad relativa dependen de la situación de la instalación, y varían por tanto si estamos cerca de la costa, o en una zona de alta montaña. Además dentro de cada zona hay también variaciones locales por su orientación, viento dominante, etc.

3.1. Condiciones exteriores según UNE 100-014-84

Para fijar las condiciones exteriores de temperatura y humedad en proyectos de climatización, se utiliza la norma UNE 100-014-84, en las que se indican unas condiciones exteriores para cada provincia.

Además de la zona se incluye otro factor que es el **percentil**.

Percentil 97% quiere decir que esta temperatura es correcta para el 97% de los días del año, tomado de una estadística de 20 años anteriores. Es decir la temperatura media del día será mayor.

Invierno:

Estos valores se cumplen en el 97% de las horas de meses, de Diciembre a Febrero, para calefacciones.

Es decir se toma como temperatura exterior un valor que probablemente sólo se rebasará unos pocos días al año. En esos días la instalación resultará insuficiente, pero en el cálculo hay otros factores y coeficientes que pueden compensarlo.

En el caso de hospitales y residencias de ancianos, se deben de tomar los porcentajes del 99% de las horas en invierno (ver la tabla UNE 100-014-84 al final del tema).

Verano:

Para las condiciones de verano se utiliza la norma UNE 100-001-85 (ver Anexo 1), tomando la columna de percentiles de:

- 1% para hospitales, clínicas, etc.
- 2,5% para edificios y espacios de especial consideración.
- 5% para cualquier otro espacio climatizado.

El percentil 5% quiere decir que esa temperatura sólo se rebasará el 5% de los días de verano. Por lo tanto, el percentil 1% es más seguro que el 5%.

3.2. Condiciones interiores y exteriores recomendadas para cálculo

En la tabla de temperaturas recomendadas (Anexo 1), se ofrecen unas condiciones exteriores que son utilizadas ampliamente por los proyectistas de climatización, con valores superiores a los de la norma UNE, que podemos utilizar para una mayor seguridad.

4. REPASO DE PSICROMETRÍA DEL AIRE

4.1. El aire húmedo

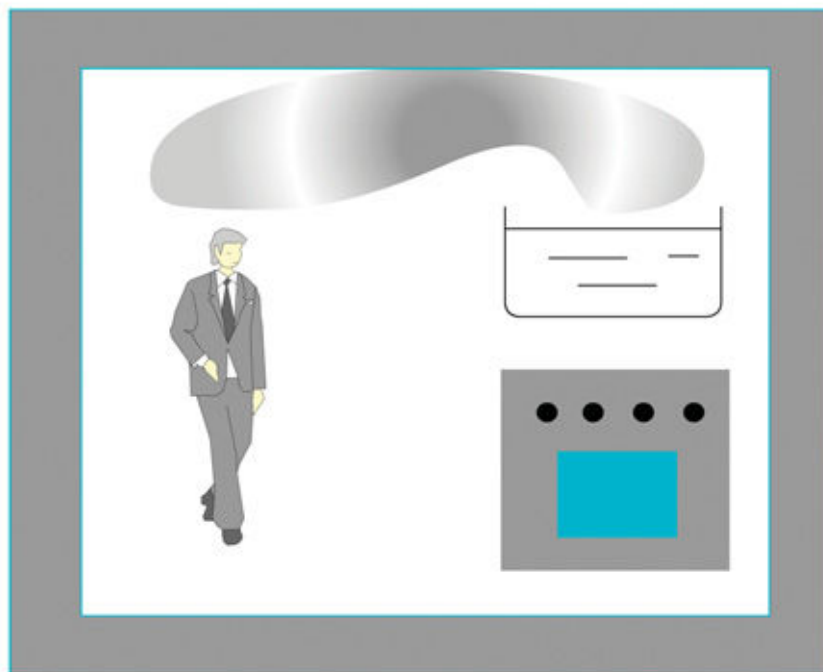
El aire de la atmósfera contiene una cierta cantidad de humedad, proveniente de la evaporación del agua de los océanos, ríos, el vapor de agua exhalado por las personas, animales y plantas.

Al respirar, las personas exhalamos vapor de agua, y también por los poros de la piel al producir sudor.

Por ello, en los ambientes cerrados con personas en su interior, el contenido de vapor de agua en el aire va aumentando.

4.2. Humedad absoluta

El aire que respiramos contiene una cierta cantidad de vapor de agua que oscila de 0 a 26 gramos de vapor de agua por kg de aire (la densidad del aire se toma $1,2 \text{ Kg/m}^3$).



Local húmedo

Al contenido de vapor de agua que tiene un kg de aire lo llamamos **humedad absoluta**, y se expresa en kg de agua / kg de aire.

4.3. Humedad relativa

El valor de humedad absoluta no es fijo, sino que depende de la temperatura del aire.

A más temperatura de aire, más cantidad de agua admite.

Por ejemplo, el aire a 10° C puede contener un máximo de 7,5 gr. de agua, y el aire a 25° C un máximo de 18 gr.

Sin embargo, el aire normal ambiente no suele transportar el máximo de agua posible, sino que suele estar más seco.

Si un aire tiene la mitad del agua **que puede tener**, decimos que tiene una humedad relativa del 50%.

Si tiene el máximo de agua, decimos que tiene una humedad relativa del 100%, y que está **saturado**.

Se denomina humedad relativa al porcentaje de agua que tiene el aire, respecto al máximo que puede tener a su temperatura.

$$H_r = 100 \times \frac{H_{REAL}}{H_{MAXIMA}}$$

Siendo

H_r = Humedad relativa en %.

H_{REAL} = Humedad absoluta que contiene el aire en
kg agua/kg aire seco

H_{MAXIMA} = Humedad máxima que puede contener
kg agua/kg aire seco.

4.4. Cambio de la humedad relativa al cambiar la temperatura

Si tenemos aire a 10° C, con 7,5 gr/kg se encuentra saturado (humedad relativa 100%).

Pero si lo calentamos a 32° C, entonces deja de estar saturado, pues a esta temperatura puede contener 26 gr/kg, y como sigue teniendo los 7,5 gr de agua que tenía, su humedad relativa será de:

$$Hr = 100 \times 7,5/26 = 28,8 \%$$

Es decir un aire húmedo ($Hr=100\%$), al calentarlo lo hemos convertido en aire muy seco ($Hr=28,8\%$).

Los secadores de pelo que usamos en el baño funcionan con este principio, calientan el aire y al pasar por el pelo absorben con rapidez su humedad, secándolo.

Por el mismo principio, un aire caliente, al enfriarlo se vuelve húmedo, hasta el punto que no puede contener toda la humedad que tiene y empiezan a aparecer gotas de agua, que llamamos **condensación**.

Este es el fundamento de la lluvia, las nubes son masas de aire muy húmedo, que cuando se enfrían descargan el agua que le sobra en forma de lluvia o nieve.



Saturación de agua

4.5. Volumen específico del aire

El volumen específico es la relación entre el volumen de un cuerpo y su masa.

$$V_e = \frac{\text{Volumen}[m^3]}{\text{Masa}[Kg]}$$

El corcho tiene un volumen específico alto, el plomo tiene un volumen específico bajo.

En el caso del aire el volumen de un kg de aire cambia mucho dependiendo de su temperatura, pues el aire caliente se dilata y el frío se contrae.

El aire caliente, como tiene un menor peso por m^3 , tiende a elevarse, y el aire frío tiende a bajar.

Para realizar los cálculos de humedad, etc., se utiliza el aire normalizado, que a $20^\circ C$ tiene un volumen específico de $1,20 m^3/kg$.

Para pasar un caudal de m^3/h a kg/h simplemente lo dividiremos por el volumen específico del aire, que es 1,2.

4.6. Entalpía del aire húmedo

La Entalpía es la energía total que tiene el aire, y se expresa en Julios o Calorías.

Como el aire está húmedo, la energía total será la suma de la energía del aire más la energía del agua (vapor).

$$H_{aH} = Q_{SA} + (Q_{SV} + Q_{LV})$$

Siendo:

Q_{SA} = Calor sensible del aire seco.

Q_{SV} = Calor sensible del vapor de agua.

Q_{LV} = Calor latente del vapor de agua.

La energía del aire se denomina sensible, y sabemos que se calcula con:

$$Q_{SA} = m \times C_e \times (T_1 - T_2)$$

Tomando:

m= masa de aire seco en Kg.

T_1 = Temperatura de referencia = 0° C.

T_2 = Temperatura del aire.

C_e = Calor especifico del aire = 1 kJ/kg °C = 0,239 Kcal/Kg °C.

La energía del vapor de agua será la suma del calor latente y del calor sensible.

$$Q_{SV} = m \times C_e \times (T_1 - T_2)$$

Donde:

m= masa de vapor de agua en Kg.

T_1 = Temperatura de referencia = 0° C

T_2 = Temperatura del vapor de agua = Temperatura del aire.

C_e = Calor especifico del vapor de agua = 1,805 kJ/kg °C =
= 0,431 Kcal/Kg °C.

$$Q_{LV} = m \times C_L$$

m= masa de vapor de agua en Kg.

CL = Calor latente del agua = 2260 kJ/kg °C = 540 Kcal/Kg °C.

Recordemos que cuanto más caliente está un aire, más entalpía tiene, y cuanta más humedad relativa, más entalpía también.

4.7. Concepto de calor latente y calor sensible

Si calentamos o enfriamos aire húmedo, y se produce condensación de su humedad, o inyectamos agua al aire (lo humedecemos), el calor necesario para el proceso lo dividimos en **calor sensible y calor latente**:

- Calor sensible es el necesario para llevar la temperatura del aire.
- Calor latente es el necesario para evaporar el agua (hay que aportar calor), o condensar el agua (hay que quitar calor).

En Climatización tenemos que tener claro que la potencia frigorífica de una máquina de aire acondicionado se reparte entre enfriar el aire (calor sensible), y quitarle humedad (calor latente).

En los equipos pequeños esta proporción se establece al diseñarlo, para unas condiciones medias; pero en grandes climatizadores, hay que valorar las condiciones ambientales exteriores e interiores, y ajustar el equipo para obtener el aire interior con el máximo de confort, y el mínimo de gasto.

El porcentaje de calor latente / sensible que proporciona un equipo se puede ajustar con el tamaño de la batería enfriadora, y con el caudal de aire del ventilador.

En el estudio de las unidades de tratamiento de aire UTA estudiaremos con mayor precisión su ajuste para obtener las condiciones interiores de confort requeridas.

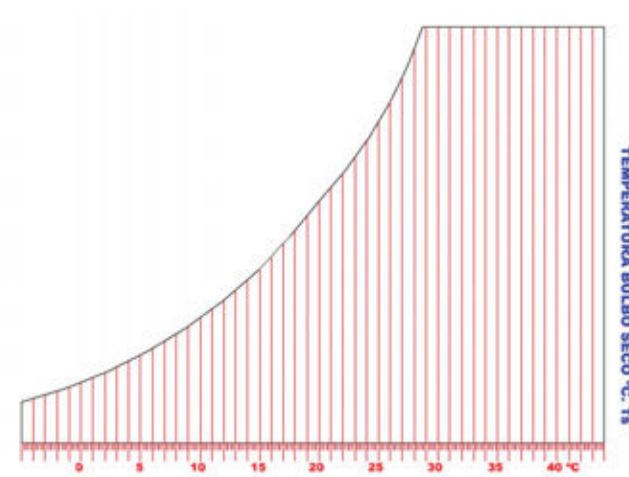
En los equipos que tienen varias velocidades de ventilador (Alta-Media-Baja) resulta que con las velocidades bajas la batería se enfría más, y aumenta la condensación de agua. La potencia del equipo se desperdicia en calor latente.

5. EL ÁBACO PSICROMÉTRICO

El ábaco psicrométrico es un diagrama que muestras las condiciones del aire para temperaturas normales de aire acondicionado y calefacción.

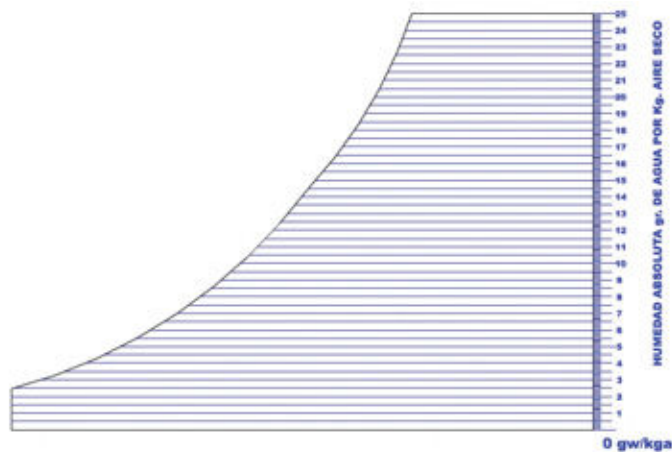
En la parte horizontal la escala representa la temperatura seca en °C, es decir la temperatura que muestra un termómetro normal de ambiente.

Temperatura seca



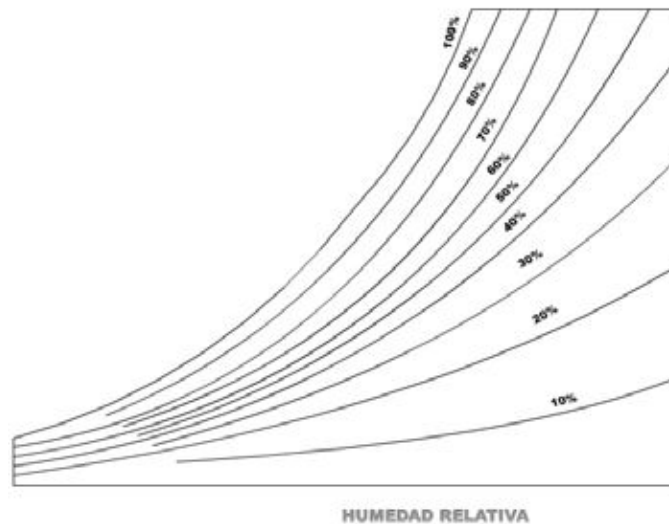
En las abscisas se indica el contenido de humedad específica en gr/kg.

Humedad absoluta



La curva de izquierda a derecha representan la humedad relativa en %, siendo la última más exterior la saturación o 100%.

Humedad relativa



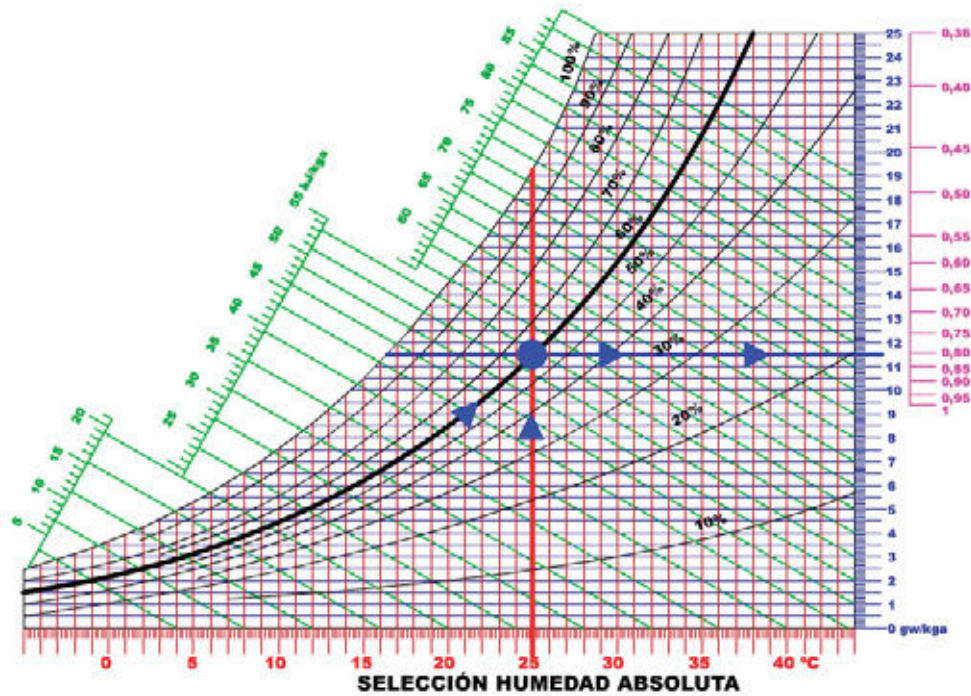
5.1. Encontrar la humedad absoluta para unas condiciones dadas

Si conocemos la temperatura del aire, y su humedad relativa en %, utilizando el ábaco psicrométrico de la forma siguiente hallaremos el contenido total de agua por kg de aire:

Por ejemplo: aire a 25° C y 60% de humedad.

- Situarse en el eje horizontal en la temperatura de 25° C.
- Subir hasta tocar la curva de humedad 60%.
- Horizontalmente a la derecha leeremos su humedad absoluta en gr/kg resultando de 13,7 gr/kg.

Selección humedad absoluta

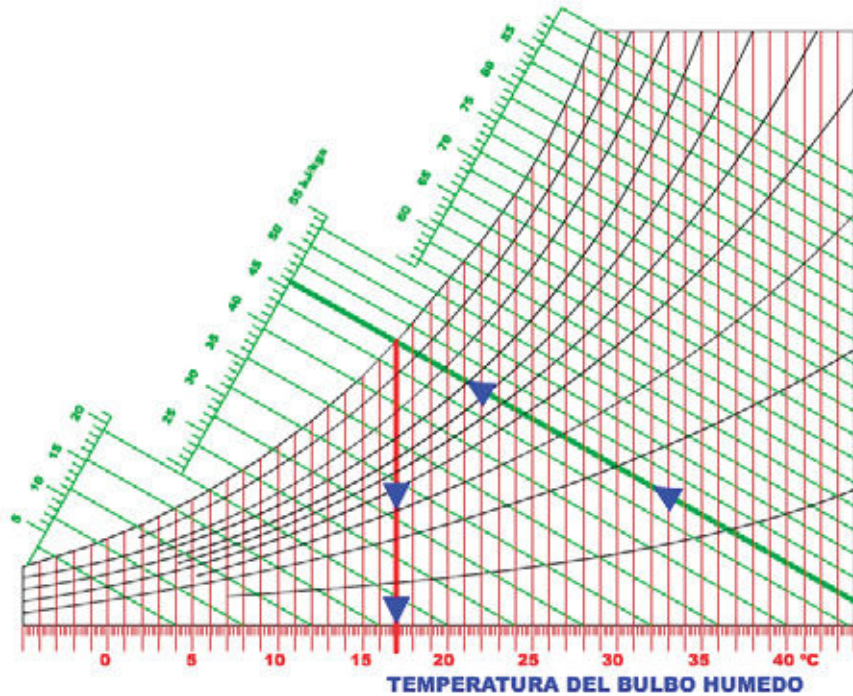


5.2. Temperatura húmeda

La humedad relativa la podemos hallar exactamente mediante dos termómetros, uno normal, que llamaremos de **bulbo seco**, y otro con el bulbo envuelto en un paño mojado, que llamaremos de **bulbo húmedo**. Sus lecturas se denominan T_s (temperatura seca) y T_h (temperatura húmeda).

Al provocar una corriente de aire, el termómetro con el bulbo húmedo muestra una temperatura inferior que la que tiene del bulbo seco, ya que el agua al evaporarse precisa calorías, y hace que descienda la temperatura.

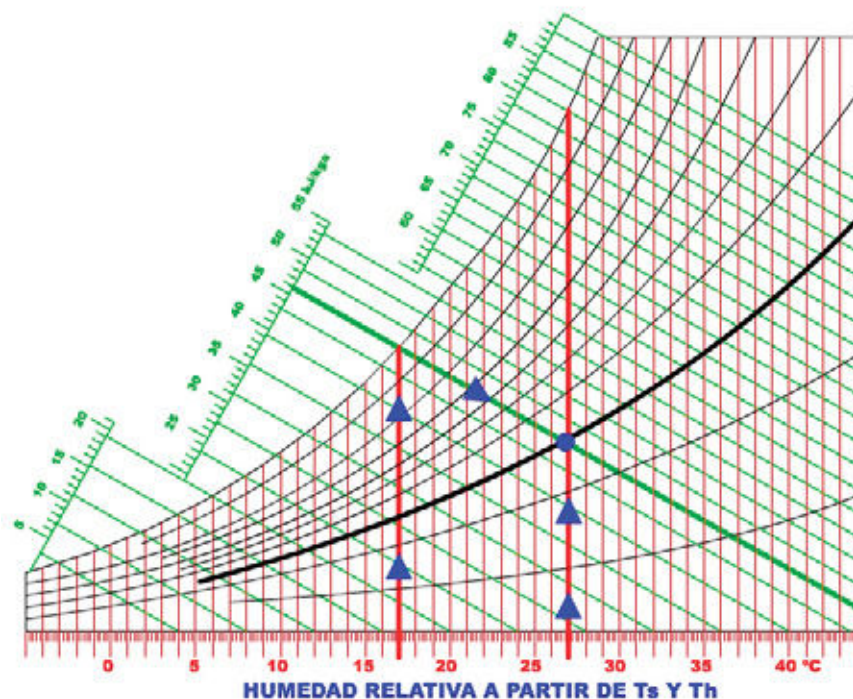
Temperatura húmeda



En el ábaco psicrométrico las temperaturas de bulbo húmedo son líneas inclinadas hacia la izquierda, y que se leen en la curva de humedad 100% o saturación.

Es decir con humedad 100% coincide la temperatura seca y húmeda.

Selección de la temperatura húmeda, T_h .



Conociendo la T_s y la T_h , la intersección entre ambas nos da la humedad relativa en %, y hacia la derecha leeremos la humedad absoluta en gr/kg.

Cambiar imagen para que coincida T_H y T_S .

Este ha sido el método preciso de medir la humedad relativa en aire acondicionado. Modernamente existen aparatos denominados **higrómetros**, que nos indican directamente la humedad relativa en % y la absoluta en gr/kg.

5.3. Punto de rocío

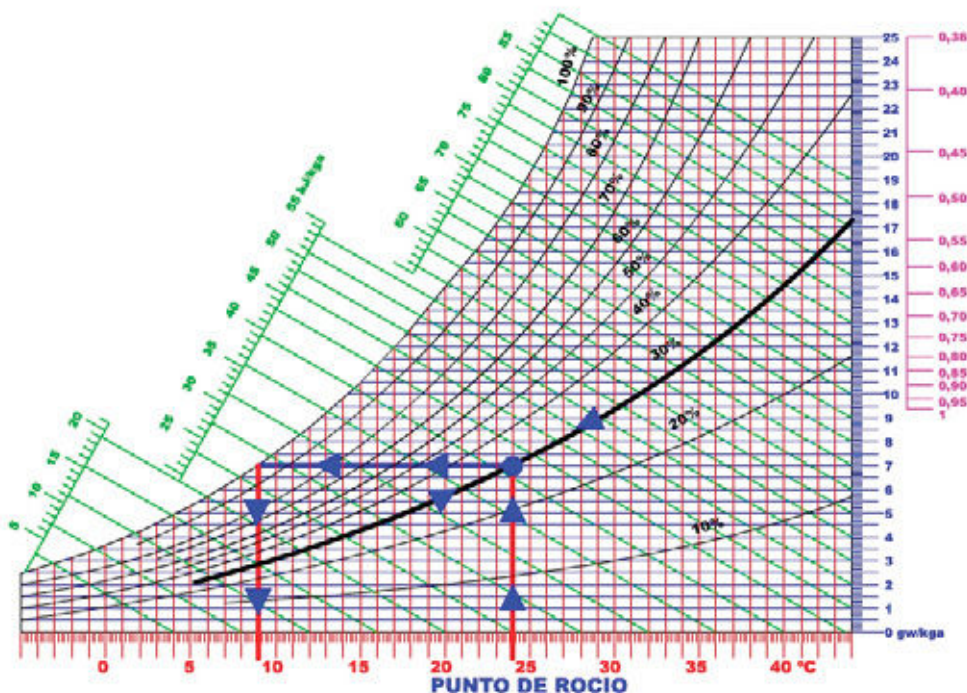
El rocío es la lluvia finísima que aparece durante las noches sin viento.

Durante la noche el aire se va enfriando, descendiendo, y estratificándose en las capas inferiores, y llega al punto en que no puede contener el agua que tenía cuando estaba caliente, apareciendo una condensación que va depositando pequeñas gotas de agua por los árboles y objetos.

Decimos que el punto de rocío es aquel en el que el aire se enfría hasta estar saturado.

En el ábaco psicrométrico, para unas condiciones de temperatura y humedad, el punto de rocío lo encontramos en la línea horizontal hacia la izquierda, hasta llegar a la curva de saturación, es decir su temperatura húmeda.

Selección de la temperatura de rocío, T_r .



Por ejemplo, para aire a 25° C y Hr 60%, la temperatura del punto de rocío es de 16,8 ° C.

6. PROCESOS DE CAMBIO DE AIRE

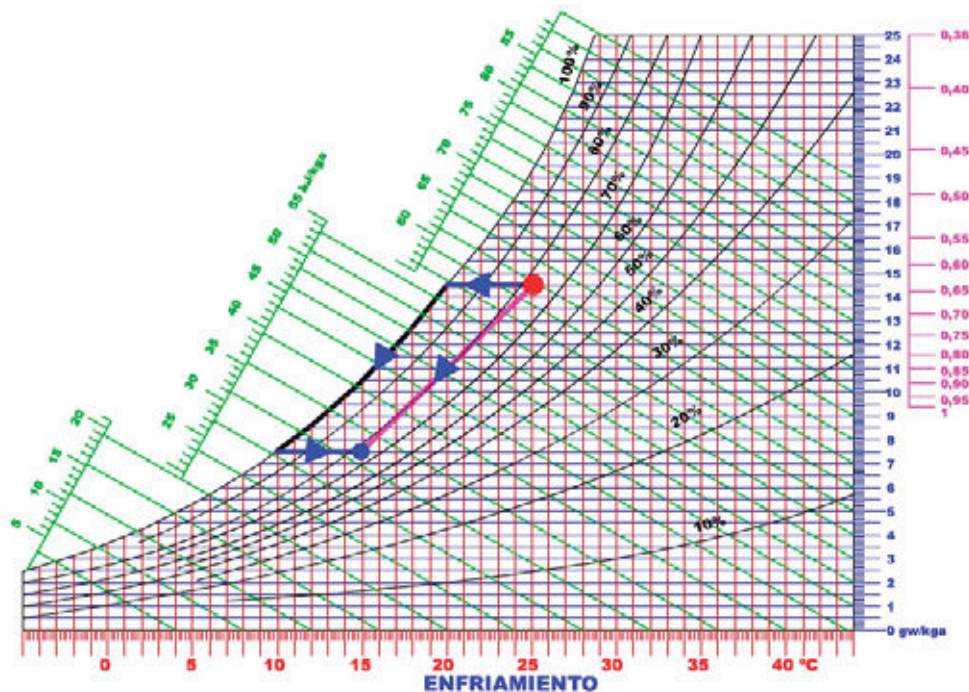
Con el ábaco psicrométrico podemos estudiar las transformaciones del aire más frecuentes, sin necesidad de fórmulas, trazando líneas desde un estado a otro.

6.1. Enfriamiento en una batería de un climatizador

Es el proceso que ocurre con el aire al pasar por un aparato de aire acondicionado en modo frío.

El aire que viene del local con una temperatura alta, y humedad media, se enfría al contacto con las aletas de la batería, y llega hasta el punto de rocío (línea horizontal hacia la izquierda). Una vez allí, sigue enfriándose y perdiendo humedad, descendiendo por la curva de saturación (Hr 100%), hasta un valor de temperatura de salida del serpentín, con humedad 100%.

Proceso de enfriamiento del aire



La humedad sobrante cae de la batería a una bandeja de recogida, y la llamamos agua de condensación o **condensados**.

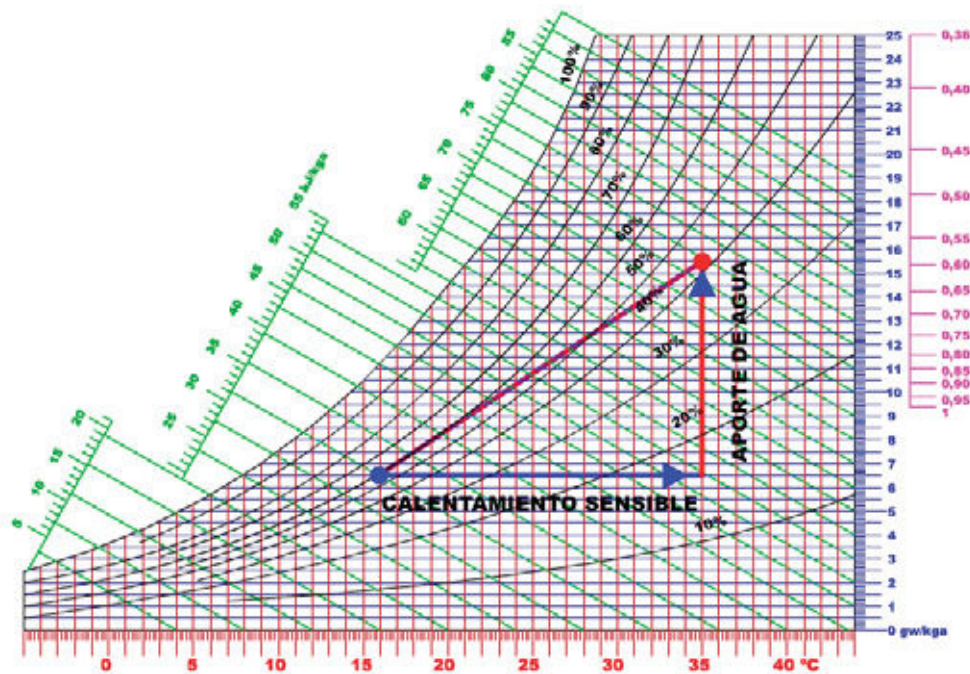
Una parte del calor absorbido por la batería ha sido usado para enfriar el aire, y lo llamaremos “**calor sensible**” (que se nota o siente), y otra parte se ha usado en condensar la humedad sobrante, y lo llamaremos “**calor latente**”.

El calor latente es importante cuando hay muchas personas en el local (salas de reunión), o hay fuentes de humedad (piscinas climatizadas). Las personas al respirar desprenden vapor de agua, y también por transpiración (sudor), tanto más cuanto mayor sea su actividad física.

6.2. Calentamiento en una batería de calor

El aire, con unas condiciones de temperatura y humedad, se calienta al contacto con la batería. En el ábaco psicrométrico nos desplazamos horizontalmente hasta la temperatura de salida. La humedad final será la indicada por la curva de Hr interseccionada entre la línea horizontal y la temperatura de salida. La Hr del aire final suele quedar muy baja (aire seco muy seco).

Proceso de calentamiento del aire



Esto es lo que ocurre en las calefacciones normales con radiadores, que calientan el aire, pero queda seco y produce una sensación de sequedad en la garganta.

Para que el aire quede con unas condiciones adecuadas es necesario aportar agua mediante inyectores de agua a presión, o un vaporizador, que es lo que se realiza en las buenas instalaciones de tratamiento de aire.

Este aporte de agua precisa de un calor para vaporizarse, que recordemos que llamamos **calor latente** y que es:

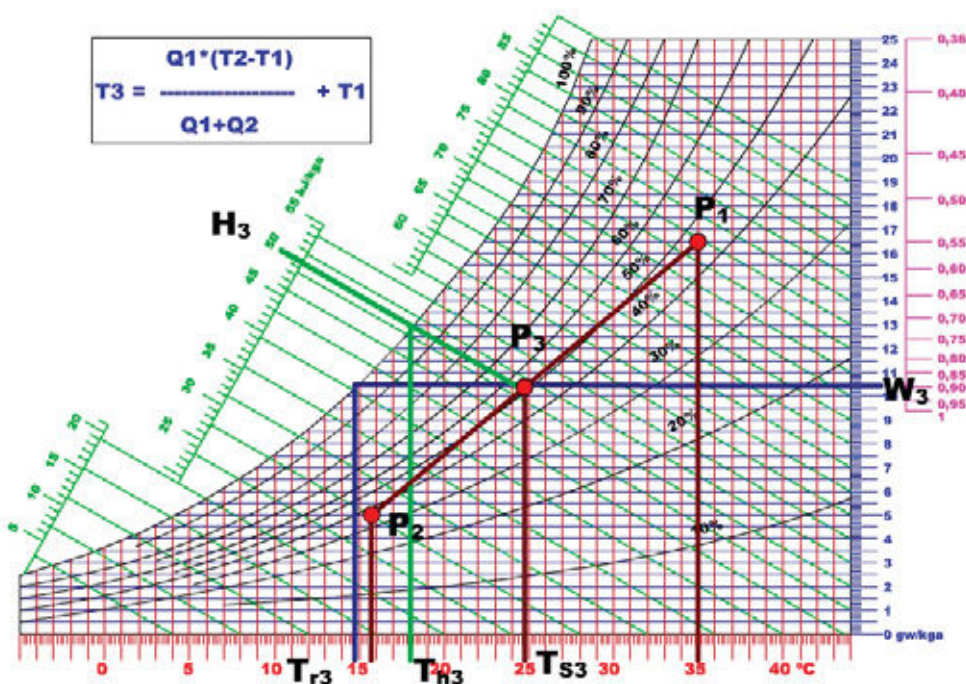
C_L = Calor latente del agua = 2260 kJ/kg °C = 540 Kcal/Kg °C.

6.3. Mezcla de aires

Si mezclamos dos volúmenes de aire con unas condiciones de de temperatura y humedad, dará como resultado en la mezcla unas condiciones que podemos hallar fácilmente con el diagrama psicrométrico:

- Representamos el aire 1 con un punto definido por su temperatura T_1 y humedad relativa Hr_1 .
- Representamos el aire 2 con un punto definido por su temperatura T_2 y humedad relativa Hr_2 .
- El aire de mezcla está en la recta que une ambos puntos.
- Si los volúmenes (o caudales) son iguales, las condiciones se situarán el punto medio de la recta anterior. Si los caudales son distintos el punto estará proporcionado los caudales de cada aire, quedando más cerca del punto de caudal mayor.

Proceso de mezcla de dos corrientes de aire



7. DATOS DE PARTIDA PARA UN ESTUDIO DE CARGAS DE CLIMATIZACIÓN

Cuando a un instalador le encargan la climatización de un local, una de las cosas que precisa realizar es el cálculo de la carga térmica del mismo, es decir de la potencia térmica que precisa para mantener las condiciones de confort. Una vez calculada la carga térmica, podremos elegir el equipo climatizador adecuado para el local.

Para poder realizar un cálculo adecuado del equipo climatizador a instalar en un local, es preciso obtener el máximo de los datos siguientes:

7.1. Localización

La carga térmica depende de la situación del local. No es lo mismo la carga de verano de un local en Sevilla que en Bilbao.

Cada provincia vimos que tenía unas temperaturas exteriores de cálculo diferentes.

Por otra parte, dentro de una misma provincia o localidad hay zonas más y menos calurosas, expuestas al sol, al viento, etc.

7.2. Características del local

Del local debemos tomar los datos siguientes:

1. Plano a escala del local, o al menos las dimensiones principales de largo, ancho y alto. Orientación del norte.
2. Situación y dimensiones de ventanas y puertas.
3. Características constructivas de:
 - Paredes exteriores e interiores.
 - Suelo y techo. Si hay cubierta de teja, terraza, otro espacio, etc.
 - Ocupación de los espacios contiguos.
4. Tipo de ventanas, cristal simple o doble, persianas o toldos, si entra o no el sol.
5. Potencia eléctrica de los aparatos, iluminación, motores, cafeteras, etc.

Croquis del local



7.3. Ocupación

La ocupación es la cantidad de personas que puede haber como máximo en el local.

Hay que tener cuidado con este dato, dado que cada persona es como un pequeña estufa, que genera calor al local (sobre 130 W).

Por ejemplo, si en el local caben 200 personas, nos generan una demanda de $200 \times 130 = 26.000 \text{ W}$.

En los locales públicos no hay que confiar en el dato de ocupación que nos suministre el cliente, sino que debemos de evaluar su capacidad en condiciones máximas (celebraciones, partidos, etc.). Si no se conoce, obtenerlo por la tabla de densidad de ocupación por m² de local.

- Tiendas exposiciones, con poca gente: 1 persona cada 10 m².
- Tiendas con mucho público: 1 persona cada 10 m².
- Restaurantes: 1 persona cada 1,5 m².
- Bares y discotecas: 1 persona cada 1 m².
- Cines y salones: contar las butacas y añadir un 10% más.

7.4. Uso

El uso del local nos indica el nivel de actividad de sus ocupantes: sentados, de pie, bailando..., cuanto más actividad hagan los ocupantes, mayor será el calor que generen.

El uso también nos condiciona el caudal de ventilación necesario, si hay o no fumadores. A mayor ventilación, mayor carga para el equipo, pues estaremos tirando frigorías a la calle.

Otro factor que se deduce del local es el horario de funcionamiento

- Durante el día, o noche.
- Continuo o intermitente.

En caso de no tener alguno de estos datos, podemos asimilarlos a otros locales parecidos. Cuantos más datos tengamos, mayor precisión tendrá el cálculo.

8. MÉTODOS DE CÁLCULO DE LA DEMANDA TÉRMICA: PRECISIÓN NECESARIA

El proceso de cálculo de la carga térmica de un local puede hacerse de forma más o menos precisa, generalmente según la importancia de la instalación, o el compromiso de funcionamiento requerido.

Cálculo por	Precisión	Usar para
Carga por m ² de local	Baja	Habitaciones de viviendas, pequeñas tiendas, oficina, hasta 100 m ² .
Hoja de carga simple sin condiciones exteriores	Media	Comercios y locales públicos hasta 300 m ² , en la zona habitual de trabajo.
Hoja de carga completa con calor sensible y latente.	Alta	Locales públicos de cualquier tamaño, locales con características especiales, cristaleras, focos de calor, etc.
Mediante simulación completa por computador	Muy Alta	Grandes locales y salones de representación. Edificios emblemáticos.

9. CÁLCULO SIMPLIFICADO, POR SUPERFICIE Y USO DEL LOCAL

Para elegir un climatizador en un salón de 25 m² de un edificio de viviendas no hace falta ningún cálculo, se adopta un aparato de 3.500 W, que es el modelo fabricado normalmente para esta demanda. Así mismo para un dormitorio de una vivienda es suficiente con 1.500 o 2.000 W, casi independiente de su tamaño.

En la práctica habitual es frecuente tomar datos de carga térmica de locales tipo, en los que aparece la potencia normal en W/m². Es decir la carga térmica que necesita cada m² de superficie.

Para obtener la demanda total de un local, simplemente multiplicaremos la superficie del local en m² por el factor de la tabla en Watios/m² para dicha actividad o similar:

$$Q = S \times k$$

Siendo

Q = Carga térmica en W.

S = Superficie del local en m².

k = Coeficiente en W/m² de la tabla siguiente:

Edificio o dependencia	Watios/m ²
VIVIENDAS	
Nuevas bien aisladas	100
Parcialmente aisladas	115
Calurosas, áticos	125
HOTELES	
Salones y vestíbulos	140
Comedores	
Habitaciones	100
OFICINAS	
Grandes	115
Pequeñas	140

COMERCIOS

Tiendas con poco público	120
Tienda muy concurridas	180
Supermercados	120
Hipermercados	160

SALONES PÚBLICOS

Cines, teatros, auditorios	180
Salones multiusos	230

HOSTELERÍA

Restaurante	230
Bares, cafeterías	290
Discotecas, Pubs musicales	300

Precauciones al utilizar la tabla:

Estos datos se refieren a locales tipo, pero no son correctos si nuestro local tiene alguna condición especial como:

- Acristalamientos de terraza.
- Puertas abiertas permanentes a la calle.
- Recibir radiación solar directa en su fachada o escaparate.
- Varios niveles comunicados por huecos abiertos, escaleras, etc.
- Iluminaciones muy elevadas.
- Altas corrientes de aire.

En todos estos casos procede pasar a un método de mayor precisión.

10. CÁLCULO DE LA DEMANDA TÉRMICA CON HOJA DE CARGA SIMPLE

Existen numerosas hojas de cálculo para calcular la carga térmica de un local como la que exponemos a continuación, en la que no se precisa conocer la temperatura exterior, y en todo caso, al final se multiplica el resultado por un coeficiente diferente para la costa o el interior.

Tampoco diferencia entre calor sensible y latente, por lo que sólo es adecuado para equipos pequeños y medianos.

Hoja de cargas térmicas simple

1) Insolación de ventanas fachada principal							
	Sin protección.		Persiana interior		Persiana exterior.		TOTAL Frg/h
	m2	Factor	m2	Factor	m2	Factor	
Este		275		165		85	
Sureste		250		150		75	
Sur		187		110		65	
Sur		339		200		100	
Oeste		444		265		135	
Moroeste		344		200		100	
Norte		125		75		50	
Noreste		200		120		75	
2) Transmisión sobre resto de ventanas							
	m2	Factor				Frg/h	
Resto de ventanas sin protección		45					
Resto de ventanas con protección		23					
3) Paredes							
	m2	Factor				Frg/h	
Exteriores		12					
Interiores		8					
4) Techos							
	m2	Factor				Frg/h	
a) Uralita chapa u claraboya		200					
b) Exteriores sin aislar		40					
c) Exterior aislado		20					
d) Exterior con cámara de aire		15					
e) Interior (edificación ancima)		7					
5) Suelos							
	m2	Factor				Frg/h	
Suelo edificado		6					
No edificados		3					
6) Aportación calor sensible							
	Wattios	Factor				Frg/h	
a) Electrodomésticos, luces		0,86					
b) Motores		0,06					
7) Ocupación							
	Nº persona	Factor				Frg/h	
a) Viviendas y Oficinas		113					
b) Restaurantes y Bares		138					
c) Discotecas		214					
8) Ventilación							
	m3 Local	Factor				Frg/h	
a) Viviendas y habitaciones		4					
	Nº persona	Factor					
b) Rtes, bares		160					
c) Locales públicos		120					
SUMA TOTAL Frg/h							
MAYOR/MINOR +/- %							
SUMA TOTAL Frg/h							

Explicación de la Hoja de cargas SIMPLE

10.1. Insolación en la ventana más expuesta

Representa la cantidad de calor que entra en el local por la insolación de las ventanas, y depende de su orientación y si dispone de persianas o toldos. Multiplicamos la superficie de la **ventana mayor y más al sur**, por el factor

Protección: si tienen contraventanas, persianas o toldos que eviten el sol.

10.2. Transmisión por paramentos

Resto de ventanas: es el calor que atraviesa el vidrio por transmisión. Como no depende de la orientación sumaremos el total de m² de ventanas (descontada la ventana del punto anterior).

Paredes: sumar el total de m² de paredes que den al exterior, y al interior (u otro local). Para ello sumar la longitud total de paredes por el alto del local.

Techos y suelos: sumar la superficie total del local, y anotarlo en la casilla de acuerdo con el uso de los locales contiguos.

10.3. Aparatos

Sumar el total de Watios de los equipos eléctricos existentes, luces, motores, etc., que puedan generar calor en el interior.

10.4. Ocupantes

Anotar el número de personas calculadas en el local en las condiciones máximas.

10.5. Ventilación

En el caso de viviendas, calcular el volumen en m³ del local (superficie del suelo por la altura). En el caso de locales, escribir los ocupantes calculados anteriormente.

10.6. Coeficientes de seguridad

Minoraciones o mayoraciones: es un coeficiente que multiplicado por el total de Watios resultantes del cálculo, aumenta o disminuye el resultado final. Es un factor de seguridad adicional que adoptamos en:

- Local zona o edificios muy calurosos: Factor 1,2.
- Locales con muchas variaciones de ocupación: 1,2.
- Necesidad de gran confort: 1,3.
- Utilización por la tarde: 0,8 o noche: 0,7.

11. CÁLCULO CON HOJA DE CARGA COMPLETA

La diferencia con la hoja de cargas simples es que distingue entre calor sensible y calor latente.

En el apartado de psicometría aprendimos que el calor sensible es el necesario para enfriar el aire, y el calor latente es necesario para cambiar las condiciones de humedad relativa del aire. La relación entre ambos factores tiene consecuencias para elegir la batería enfriadora o climatizador adecuado.

También tendremos que introducir los coeficientes de transmisión de paredes, ventanas y techos, tomándolos de las hojas de datos del final del tema.

Es necesario fijar las condiciones exteriores del lugar donde se ubique la instalación.

Hoja de cargas térmicas completa

CÁLCULO DE LA CARGA COMPLETA DE REFRIGERACIÓN					
CLIENTE					REF.
DIRECCIÓN					FECHA
ESTANCIA					
CONDICIONES INTERIORES Y EXTERIORES					
Temperatura Interior T_i					
Humedad relativa interior $H_{ri}\%$				Humedad W gr/kg =	
Temperatura exterior T_e					
Humedad relativa exterior $H_{re}\%$				Humedad W gr/kg =	
Salto térmico (ext-int)			°C		
Dif. Humedades gr/kg				gr agua/kg aire	
Superficie local m^2		Alto $m =$		Volumen $m^3 =$	
DATOS DE LA VENTILACIÓN					
Nº de personas				Renovación de aire	
Ventilación l/s persona					
Total ventilación			L/s x 3,6 =		m^3/h
CALOR SENSIBLE					
Transmisión	1	Sup m^2	Coef. K	Dif Temp.	Kcal/h
Paredes	Exteriores				
	Interiores				
Ventanas	Todas				
	Techo				
	Suelo				
	Total transmisión				
Radiación					
Radiación	2	M^2	Factor	F. Reduc.	Kcal
Ventanas	Este		111	1	
	Sureste		97	1	
	Sur		97	1	
	SurOest		97	1	
	Oeste		100	1	
	Total Radiación				
Calor Interno					
		Unidades	Factor		Kcal/h
	3 Aparatos Watts		0,86		
	4 Ocupantes		63		
	5 Sensible aire ext m^3/h				
	Total calor interno				
TOTAL CALOR SENSIBLE Kcal/h 1+2+3+4+5					
CALOR LATENTE:					
		Unidades	Factor		Kcal/h
	6 Aparatos				
	7 Ocupantes		47		
	8 Aire exterior m^3/h				
	Total calor latente				
TOTAL CALOR LATENTE Kcal/h 6+7+8					
MAYORACIÓN/MINORACIÓN %					
CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN (sensible+latente) Kcal/h					

Factor:
Persiana=0,8
Toldo=0,5

63 a 100
($m^3/h \times 0,29 \times \Delta t \times 0,7$)

47 a 50
($m^3 \times 0,7 \times (W1 - W2) \times 0,7$)

Instrucciones hoja de carga completa

11.1. Condiciones exteriores e interiores

Las condiciones representativas del local a conocer son:

- **Superficie del local en m².**
- **Uso**
- **Ocupantes:** número de personas, ver punto 7.3 de esta UD.
- **Ventilación:** caudal de aire de ventilación. Ver Norma UNE 100014 en UD.2. Multiplicar las personas por el caudal en L/s y por 3,6 para pasar a m³/h.
- **Temperatura exterior:** ver UNE 1000-001-85 en Anexo 1.
- **Corrección Temperatura exterior:** grados a aumentar o bajar, por la situación concreta del local (lugar caluroso o fresco).
- **Temperatura interior:** ver Norma Europea en Anexo 1.
- **Humedad relativa exterior:** ver UNE1000-001-85 en Anexo 1.
- **Humedad relativa interior:** ver Norma Europea en Anexo 1.
- **Humedad absoluta Aire exterior:** hallar con psicrométrico con T_{ext} y Hr_{ext}.
- **Humedad absoluta Aire interior:** hallar con psicrométrico con T_{int} y Hr_{int}.

11.2. Ganancias sensibles por radiación

Para calcular la radiación solar que pasa a través de las ventanas y claraboyas, usaremos la fórmula siguiente:

$$Q_{SR} = R \times S \times f$$

Siendo:

R = Valor unitario de radiación [w/m²] (ver tabla siguiente).

S = Superficie de la ventana [m²].

f = Factor corrector de atenuación por persiana, cortinas o toldos.

Radiación solar según la orientación									
Hora solar	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horizontal
10	50	98	400	466	217	50	50	50	722
11	54	57	183	356	284	72	54	54	794
12	54	54	59	202	309	202	59	54	816
13	54	54	54	72	284	356	183	57	794
14	50	50	50	50	217	466	400	98	722
15	48	44	44	44	133	511	568	249	593
16	44	37	37	37	57	492	647	407	433

Elemento en la ventana	Factor f
Persiana color claro	0,56
Persiana color gris	0,65
Persiana color oscuro	0,75
Toldo o lona exterior	0,25
Cortina interior blanca	0,41
Cortina interior gris	0,63
Cortina interior oscura	0,80
Persiana exterior madera	0,24

11.3. Sensible transmisión por paramentos

La transmisión de calor por los paramentos se calcula con la fórmula:

$$Q_{ST} = k \times S \times (T_{Ext} - T_{Int})$$

Siendo.

$(T_{ext} - T_{int})$ = Salto térmico exterior e interior del local [$^{\circ}$ C]l.

S= Superficie.[m²]

K = Coeficiente de transmisión térmica del cerramiento. [w/m². $^{\circ}$ C]

Si el local contiguo es interior (esté o no climatizado), como valor de $(T_{ext} - T_{int})$ tomaremos la mitad que si es exterior.

El coeficiente de transmisión de calor K depende del material con que esté construida la pared. Usaremos la tabla siguiente:

	Tipo	Coef. K
Paredes	Simple de ladrillo 9	3,5
	Bloque hormigón	2
	Ladrillo 12 + cámara + ladrillo 4	1,5
	Ladrillo 12 + cámara + ladrillo 7	1,4
	Ladrillo 12 + aislante 4 cm + ladrillo 4	0,7
Tabiques interiores	Tabique 4	3,5
	Tabique 7	3,1
	Pladur sin aislar	4,6
	Pladur aislado	1,4
Techos	Terraza con catalana	1,7
	Terraza asilada	1,3
	Cubierta de teja sin cámara	1,7
	Cubierta con teja y cámara aire	1,3
	Cubierta con teja aislada	1,4
	Techo chapa sin aislar	8,1
	Techo con chapa aislada	2,3
Suelos	Sobre terreno	1,1
	Forjado 15 bovedilla cerámica	1,4
	Forjado 20 bovedilla cerámica	1,3
	Forjado 20 bovedilla hormigón	1,3
Ventanas	Cristal sencillo 6 mm	6,5
	Cristal doble 6+6	3,4
	Cristal doble con cámara	3
Puertas	Madera ciega	3,5
	Madera y cristal	3,9
	Metálica opaca	5,8
	Metálica y cristal doble	4,6

11.4. Sensible aire exterior

El aire de ventilación ocasiona la carga sensible siguiente:

$$Q_{SA} = 0,34 \times V \times (T_{Ext} - T_{Int})$$

Siendo

Q = Potencia en Watios.

V = caudal en m^3/h .

$(T_{ext} - T_{int})$ = Salto térmico exterior e interior del local. [$^{\circ}C$]

11.5. Calor sensible interno

Es el calor generado en el interior de local por aparatos, iluminación, etc. Multiplicar los Watios de los aparatos existentes en el local, luces, motores, ordenadores, y cualquier receptor eléctrico.

11.6. Sensible por ocupantes

La carga sensible que ocasionan las personas del local depende del nivel de actividad física, según la tabla siguiente:

Actividad	Sensible W	Latente W
Persona sentada trabajo intelectual	58	44
De pie, paseando (tiendas)	58	70
Comiendo	64	93
Baile moderado	70	174
Marcha rápida	87	204

Se calcula con la formula:

$$Q_{SO} = n \times Q_{sp}$$

Siendo:

n = Número de personas.

Q_{sp} = Calor sensible por persona [w/persona].

11.7. Resumen de calor sensible

Sumar el total de calor sensible de los puntos 11.2 a 11.6

11.2: Ganancias sensibles por Radiación.

11.3: Sensible Transmisión por paramentos.

11.4: Sensible aire exterior.

11.5: Calor sensible interno.

11.6: Sensible por Ocupantes.

Este es el total de calor necesario para enfriar el aire.

Aplicar el coeficiente de seguridad necesario.

- Local zona o edificios muy calurosos: Factor 1,2.
- Locales con muchas variaciones de ocupación: 1,2.
- Necesidad de gran confort: 1,3.
- Utilización por la tarde: 0,8 o noche: 0,7.

11.8. Latente aire exterior

El calor latente del aire exterior de ventilación lo obtenemos con la fórmula:

$$Q_{LA} = 0,83 \times V \times (W_{Ext} - W_{Int})$$

Siendo:

V = caudal aire ventilación en m³/h (tomar de datos del local).

(W_{Ext} - W_{Int}) = diferencia de humedades absolutas en gr/kg (también de datos del local).

11.9. Latente por aparatos

Considerar los aparatos que desprendan vapor, como:

- Cafeteras: factor 40.
- Planchas: 100.
- Bandejas de alimentos: 50.

11.10. Latente ocupantes

Número de ocupantes por el factor latente por ocupante, que tomaremos de la tabla anterior (calor sensible ocupantes)

Se calcula con la fórmula:

$$Q_{LO} = n \times Q_{LP}$$

Siendo:

n = Número de personas.

Q_{LP} = Calor latente por persona [w/persona]

11.11. Total latente

Sumar el total de latente 11.8 al 11.10.

11.8. Latente aire exterior.

11.9. Latente por aparatos.

11.10: Latente ocupantes.

Aplicar el coeficiente de seguridad necesario igual que en total sensible.

12. CÁLCULO DE LA CARGA DE CALEFACCIÓN

Para el cálculo de la carga térmica en invierno procederemos de forma similar al cálculo para verano, pero de forma más sencilla:

- Fijaremos la temperatura exterior de cálculo para la zona, de acuerdo con la tabla de la norma UNE 100-001-84, en la que tomaremos la columna del percentil 99% para hospitales y residencias, y del 07,5% para el resto.
- Fijaremos la temperatura interior según el tipo de local, preferentemente con la norma Europea.
- Calcularemos la transmisión a través de paredes, ventanas y suelos, con la diferencia de temperaturas interior-exterior. En caso de locales no climatizados, tomaremos la mitad de intervalo. En caso de suelo sobre terreno tomaremos una temperatura de 10° C.
- No se consideran cargas por radiación, ni por calor interno de ocupantes ni equipos.
- Calcular la carga por ventilación, igual que en verano.
- Coeficientes de mayoración o seguridad.

Hoja de carga de calefacción

CARGA DE CALEFACCIÓN						
Temperatura exterior		°C	Diferencia T		°C	
Temperatura interior		°C				
Transmisión		Sup m2	Coef. K	Dif Temp.	Kcal/h	
Paredes	Exteriores					
	Exteriores					
	Exteriores					
	Interiores					
					Total Paredes	
Transmisión		Sup m2	Coef. K	Dif Temp.	Kcal/h	
Ventanas	Todas					
	Techo					
	Suelo					
					Total Ventanas	
Aire exterior m3/h						
Ocupantes	l/s por ocupante	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Salto termico	Kcal/h.
		3,6	0,29	0,3		
Calor latente de humidificación (si la hay)						
Ocupantes	l/s por ocupante	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Wext-Wint [gr/Kg]	Kcal/h.
		3,6	0,7	0,3		
TOTAL CARGA					Kcal/h	
Mayoración por Intermitencia						
Otras mayoraciones						
CARGA TOTAL INVIERNO					Kcal/h	

13. CÁLCULO POR PROGRAMAS INFORMÁTICOS

Existen en el mercado numerosos programas de cálculo de cargas mediante ordenador, siendo su principal ventaja la comodidad y alta precisión en los cálculos.

Sin embargo estos programas requieren una introducción exhaustiva de datos de cada paramento, abertura, ocupantes, horarios, etc., y por ello sólo los usaremos en caso de locales muy grandes o complejos.

El programa suele realizar una simulación de la carga térmica a lo largo de las horas del día, teniendo en cuenta las simultaneidades de cargas, insolaciones, inercias térmicas de paredes, etc., siendo por tanto más preciso cuantos más correctos sean los datos aportados.

RESUMEN

Por **cálculo de cargas** se entiende el proceso de determinar la cantidad de calor que hay que extraer o aportar a un local de unas determinadas características, y situado en una zona determinada, para mantener su interior en unas condiciones de confort para las personas.

En verano para enfriar el local con un climatizador, hay que **extraer calorías**, y la transmisión de calor por las paredes es hacia el interior.

En invierno hay que **introducir calorías**, y las pérdidas de calor son hacia el exterior.

Se denomina condiciones de confort al ambiente en las que las personas tienen la sensación de bienestar.

Las condiciones interiores se fijan con por el RITE según la norma UNE en ISO 7730.

Para fijar las condiciones exteriores de temperatura y humedad en proyectos de climatización, se utiliza la norma UNE 100-014-84, en las que se indican unas condiciones exteriores para cada provincia, con un percentil de más o menos seguridad.

Al contenido de vapor de agua que tiene un kg de aire lo llamamos **humedad absoluta**, y se expresa en kg de agua / kg de aire.

Si un aire tiene la mitad del agua que puede tener, decimos que tiene una humedad relativa del 50%. Se denomina **humedad relativa** al porcentaje de agua que tiene el aire, respecto al máximo que puede tener a su temperatura.

La **Entalpía es la energía total que tiene el aire**, y se expresa en Julios o Calorías. Recordemos que cuanto más caliente está un aire, más entalpía tiene, y cuanta más humedad relativa, más entalpía también.

Calor sensible es el necesario para elevar la temperatura del aire. **Calor latente** es el necesario para evaporar o agua (hay que aportar calor), o condensar el agua (hay que quitar calor).

El **ábaco psicrométrico** es un diagrama que muestras las condiciones del aire para temperaturas normales de aire acondicionado y calefacción.

Decimos que el **punto de rocío** es aquel en el que el aire se enfría hasta estar saturado.

Cuando a un instalador le encargan la climatización de un local, precisa realizar el cálculo de la carga térmica del mismo, es decir de la potencia térmica que precisa para mantener las condiciones de confort. Se precisa conocer su:

Situación. Características del local. Ocupación. Uso.

El proceso de **cálculo de la carga térmica** de un local puede hacerse de forma más o menos precisa, generalmente según la importancia de la instalación, o el compromiso de funcionamiento requerido.

Cálculo pro superficie y factor según uso.

Cálculo por hoja de cargas simple.

Calculo por hoja de cargas completa.

ANEXO

Hojas de datos

Condiciones interiores según norma europea

Tipo de edificio o local	Vestimenta		Actividad	Ocupación	Categoría	Temperatura Efectiva o Temperatura Operativa		Velocidad media del aire en la zona ocupada		Nivel de presión sonora	Cantidad de Ventilación requerida	Ventilación adicional cuando hay un 20% de fumadores
	Verano	Invierno				Verano	Invierno	Verano	Invierno			
	°C	°C	m/s	Parámetro		°C	°C	m/s	m/s	dB(A)	L/s · m²	L/s · m²
Despachos	0,5	1,0	1,2	0,1	A	24,5±0,5	22,0±1,0	0,18	0,15	30	2,0	—
					B	24,5±1,5	22,0±2,0	0,22	0,18	35	1,4	—
					C	25,5±2,5	22,0±3,0	0,25	0,21	40	0,8	—
Oficinas distintas	0,5	1,0	1,2	0,07	A	24,5±0,5	22,0±1,0	0,18	0,15	35	1,7	0,7
					B	24,5±1,5	22,0±2,0	0,22	0,18	40	1,2	0,5
					C	24,5±2,5	22,0±3,0	0,25	0,21	45	0,7	0,3
Salones de actos	0,5	1,0	1,2	0,5	A	24,5±0,5	22,0±1,0	0,18	0,15	30	6,0	5,0
					B	24,5±1,5	22,0±2,0	0,22	0,18	35	4,3	3,8
					C	24,5±2,5	22,0±3,0	0,25	0,21	40	2,4	2,0
Auditorios	0,5	1,0	1,2	1,8	A	24,8±0,8	22,0±1,0	0,18	0,15	30	18*	—
					B	24,5±1,5	22,0±2,0	0,22	0,18	35	11,0	—
					C	24,5±2,5	22,0±3,0	0,25	0,21	38	6,4	—
Cafeterías y restaurantes	0,5	1,0	1,4	0,7	A	23,5±1,0	20,0±1,0	0,16	0,13	35	6,0	—
					B	23,5±1,0	20,0±2,5	0,20	0,16	45	1,7	5,0
					C	23,5±1,0	20,0±3,5	0,24	0,19	50	3,2	2,8
Aulas	0,5	1,0	1,2	0,5	A	24,5±0,5	22,0±1,0	0,18	0,15	30	6,0	—
					B	24,5±1,5	22,0±2,0	0,22	0,18	35	4,3	—
					C	24,5±2,5	22,0±3,0	0,25	0,21	40	2,4	—
Jardines de infancia	0,5	1,0	1,4	0,5	A	23,5±1,0	20,0±1,0	0,16	0,13	30	7,0	—
					B	23,5±2,5	20,0±2,5	0,20	0,16	40	5,0	—
					C	23,5±3,5	20,0±3,5	0,24	0,19	50	2,8	—
Grandes almacenes	0,5	1,0	1,8	0,15	A	23,0±1,0	19,0±1,5	0,16	0,13	40	3,5	—
					B	23,0±2,0	19,0±3,0	0,20	0,15	45	2,5	—
					C	23,0±3,0	19,0±4,0	0,23	0,18	50	1,4	—

Diferencias admisibles de la Temperatura T(BS) del aire del local, medidas verticalmente (a 1,1 m y 0,1 m del suelo) a nivel de cabeza y tobillos del usuario sentado

Categoría	Diferencias de T(BS) ± ΔT (°C)
A	± 2
B	± 3
C	± 4

Rangos de variación admisibles de la Temperatura Superficial T(S) del suelo del local

Categoría	Rango de variación (°C) de T(S) °C
A	19-29
B	19-29
C	17-31

Asimetrías admisibles de la Temperatura Radiante T(R) de los paramentos del local

Categoría	Δ T(R) °C del paramento			
	Techo caliente	Pared fría	Techo frío	Pared caliente
A	≤ +5	≤ -10	≤ -14	≤ +20
B	≤ +5	≤ -10	≤ -14	≤ +23
C	≤ +7	≤ -13	≤ -18	≤ +25

Condiciones interiores recomendadas

CONDICIONES AMBIENTALES DE CONFORT EN LA ZONA DE OCUPACIÓN DE LOCALES

	ACEPTABLES	IDEALES	RITE I.T.02.2	INVIERNO	VERANO	HIGIENE Y SEGUR. EN EL TRABAJO
1) Temperatura	18°C – 27°C	23° ± 2°C	1) Temperatura (to.)	20 / 22°C	23 / 25°C	Sedentario 17 / 22°C
2) H. Relativa	30% - 80%	50% HR ± 5%	2) H. Relativa	40 / 60% H.R.	40 / 60 H.R.	Esfuerzo 12 / 15°C
			3) V.Aire	0,15 / 0,20 m/s	0,18 / 0,24 m/s	40 / 60% H.R.

Temperatura operativa (to): Solo considera las transferencias de calor sensible.

$$to = \frac{hr \cdot tr + hc \cdot ta}{hr + hc} = \frac{tr + ta}{2}$$

tr= temperatura media radiante de los cerramientos

ta= temperatura seca del aire

h = coef. de transferencia termica superficial en funcion de la vestimenta

hr= para magnitudes radiantes (4,7 w/m² °C)

hc= para magnitudes convectivas (3/6 w/m² °C)

Condiciones exteriores recomendadas

CONDICIONES EXTERIORES A ADOPTAR EN EL CÁLCULO DE LA CARGA DE VERANO									
LOCALIDAD	Temper. seca °C BS	Temper. Húmeda °C BH	Oscilac. Media día OMD	Oscilac. Media año OMA	LOCALIDAD	Temper. seca °C BS	Temper. Húmeda °C BH	Oscilac. Media día OMD	Oscilac. Media año OMA
Albacete	34	22	16	39	Madrid	34	21	16	40
Alicante	31	23	10	29	Málaga	32	22	10	29
Almería	30	24	8	25	Murcia	36	29	14	37
Ávila	30	20	17	36	Orense	33	25	9	36
Badajoz	39	28	17	39	Oviedo	26	20	9	26
Barcelona	29	24	9	29	Palencia	30	21	16	36
Bilbao	30	22	11	31	Palma de Mallorca	31	24	12	30
Burgos	30	20	14	37	Pamplona	32	24	12	37
Caceres	36	21	14	36	Pontevedra	27	22	12	27
Cádiz	32	25	12	32	Salamanca	32	20	16	38
Castellón	29	23	9	29	San Sebastián	22	19	7	23
Ciudad Real	35	24	18	40	Sta. Cruz de Tfe.	22	17	8	22
Córdoba	38	24	18	40	Santander	25	20	6	28
Cuenca	33	25	18	40	Santiago	28	21	11	29
Gerona	33	26	10	36	Segovia	33	21	17	39
Granada	36	27	18	38	Sevilla	37	24	16	38
Guadalajara	34	23	15	38	Soria	29	20	18	36
Huelva	31	24	14	30	Tarragona	26	23	7	25
Huesca	31	27	15	36	Teruel	32	19	17	38
Jaén	36	24	14	36	Toledo	34	22	16	38
La Coruña	24	19	7	22	Valencia	31	23	11	31
Las Palmas	28	23	6	16	Valladolid	32	19	15	37
León	28	20	16	34	Vigo	27	22	10	27
Lerida	33	24	14	38	Vitoria	26	22	13	30
Logroño	32	21	13	36	Zamora	32	26	18	38
Lugo	26	22	14	28	Zaragoza	34	22	13	39

MÓDULO SEIS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN
U.D. 5 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

Caudales de aire de ventilación

2.5		CAUDALES DE AIRE INTERIOR MÍNIMO DE VENTILACIÓN (SEGÚN NORMA UNE 100011)-			
Tipo de local		Caudales de aire exterior en l/s por unidad			
		Por persona	Por m ²	Por local	Otros
☐	Almacenes		0,25 a 3		
☐	Aparcamientos		5		
☐	Archivos		0,25		
☐	Ases públicos (1)				25 (13)
☐	Ases individuales			15	
☐	Auditorios	8			
☐	Aulas	8			
☐	Autopsia		25		
☐	Bares	12	12		
☐	Cafeterías	15	15		
☐	Canchas para el deporte		25		
☐	Comedores	10	6		
☐	Cocinas (2) (3)	8	2		
☐	Descanso, Salas de	20	15		
☐	Dormitorios selectivos	8	1,5		
☐	Espectáculos	8	6		
☐	Espera y recepción (Salas)	8	4		
☐	Estudios fotográficos		25		
☐	Exposiciones (Salas de)	8	4		
☐	Salas de fiestas	15	15		
☐	Sala de fisioterapia	10	1,5		
☐	Gimnasios	12	4		
☐	Gradas de recintos deportivos	8	12		
☐	Grandes almacenes (54)	8	2		
☐	Habitaciones de hotel			15	
☐	Habitaciones de hospital	15			
☐	Imprentas, reproducción y planos		25		
☐	Salas de juegos	12	10		
☐	Laboratorios (6)	10	3		
☐	Lavanderías industriales (1)(2)	15	5		
☐	Verdibulos	10	15		
☐	Oficinas	10	1		
☐	Paseos de centros comerciales		1		
☐	Pasillos (15)				
☐	Perifoneos (7)		25		
☐	Quirófanos y anexos	15	3		
☐	Salas de reuniones	10	5		
☐	Salas de recuperación	10	1,5		
☐	Supermercados (14)	8	1,5		
☐	Talleres:				
☐	- En general	30	3		
☐	- En centros docentes	10	3		
☐	- De reparación automática (6)		25		
☐	Templos para culto	8			
☐	Tiendas:				
☐	- En general	10	0,75		
☐	- De animales (3)	-	5		
☐	- Especiales (10)	-	2		
☐	UVIS (8)	10	1,5		
☐	Vestuarios (8)		25		10 (13)

(*) Notas de la norma a que se ven en cada caso.

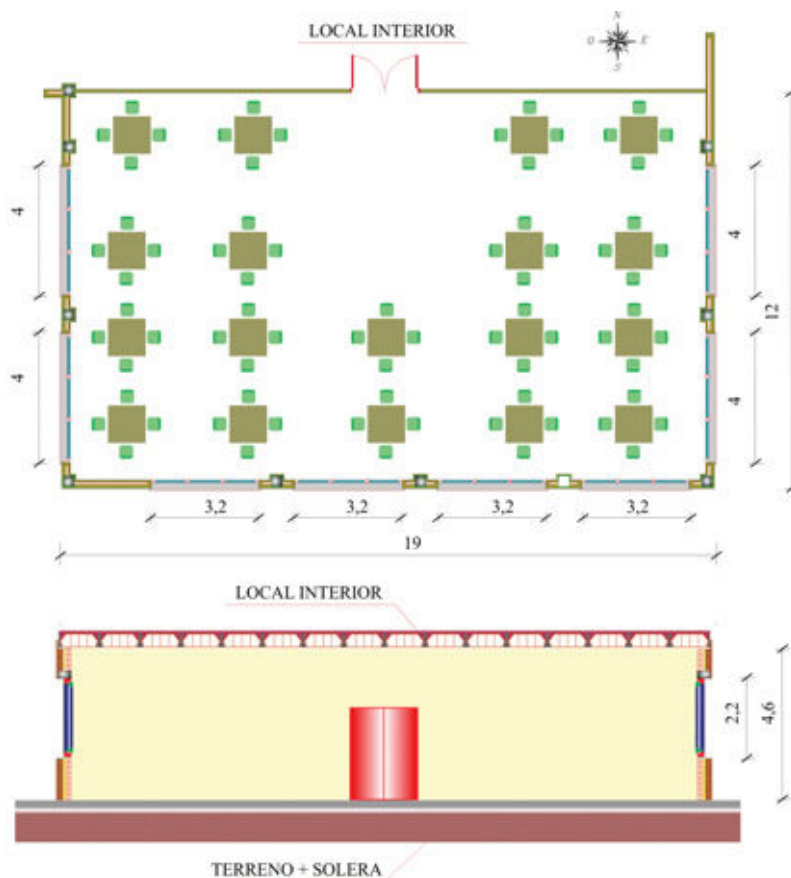
Calores emitidos por las personas

Tabla 02.2.1- Actividad metabólica		sensible	latente	met
ACTIVIDAD		W	W	
durmiendo		50	25	0,76
tumbado		55	30	0,86
sentado, sin trabajar		65	35	1,0
de pie, relajado		75	55	1,3
paseando		75	70	1,5
andando	a 1,6 km/h	50	110	1,6
	a 3,2 km/h	80	130	2,1
	a 4,8 km/h	110	180	2,9
	a 6,4 km/h	150	270	4,2
bailando moderadamente		90	160	2,5
atlética en gimnasio (hombres)		210	315	5,0
deporte de equipo masculino (valor medio)		290	430	6,9
trabajos:				
	muy ligero, sentado	70	45	1,2
	moderado (en oficinas; valor medio)	75	55	1,3
	sedentario (restaurante, incluidas comidas)	80	80	-
	ligera de pie (industria ligera, de compras etc.)	70	90	1,6
	media de pie (trabajos domésticos, tiendas etc.)	80	120	2,0
	manual	80	140	2,1
	ligero (en fábrica; sólo hombres)	110	185	2,8
	pesado (en fábrica; sólo hombres)	170	255	4,0
	muy pesado (en fábrica; sólo hombres)	185	285	4,5

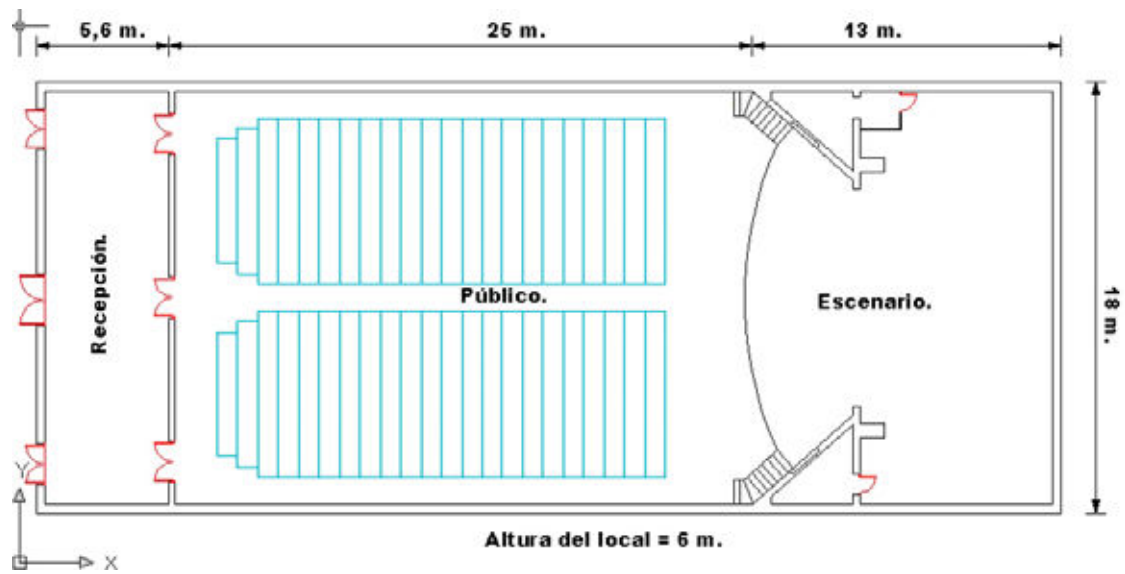
Nota importante: el 55% aproximadamente del calor sensible se emite en forma de calor radiante y como tal debe tratarse para el cálculo de la carga térmica de un local.

LABORATORIO

1. Calcular la carga térmica de la vivienda de cada alumno:
 - Realizar un croquis tomando medidas de cada cuarto, situando las puertas y ventanas.
 - Anotar las paredes que son exteriores y su composición aproximada.
 - Indicar el Norte.
 - Calcular las estancias siguientes: salón, recibidor-pasillo, habitaciones.
2. Calcular el total de la vivienda suponiendo que no existan tabiques interiores.
3. Calcular la carga térmica del Aula Taller.
4. En el plano del restaurante de las hojas al final del tema, calcular su carga térmica suponiendo una ocupación de 300 personas.
5. En el plano del salón de actos siguiente calcular la carga térmica con la hoja de cargas completa.



Plano de un restaurante



Plano de un salon de actos

BIBLIOGRAFÍA

Sitio Web <http://www.madel.com> de la empresa
MADEL AIR TECHNICAL DIFFUSION, S.A.

Sitio Web <http://www.salvadorescoda.com> de la empresa
Salvador Escoda S.A.

Sitio Web <http://www.solerpalau.es> de la empresa
Soler & Palau.

Sitio Web <http://www.airsum.es> de la empresa Airsum S.A.

