

Anejo 7: Climatización.

1. INTRODUCCIÓN.....	81
2. NORMATIVA DE APLICACIÓN.	82
3. CONDICIONES DEL PROYECTO.....	82
4. CÁLCULO CARGAS TÉRMICAS.....	83
4.1. <i>Calculo de las cargas sensibles.....</i>	83
4.1.1. <i>Carga debida a la radiación a través de ventanas.</i>	83
4.1.2. <i>Carga debida a la radiación y conducción por cerramientos.</i>	84
4.1.3. <i>Calor debido a la transmisión a través de paredes interiores.</i>	85
4.1.4. <i>Calor debido al aire de infiltración.</i>	86
4.1.5. <i>Calor generado por las personas que ocupan el local.....</i>	86
4.1.6. <i>Calor generado por la iluminación.....</i>	87
4.1.7. <i>Calor procedente del aire de ventilación.....</i>	88
4.1.8. <i>Carga sensible efectiva total.....</i>	88
4.2. <i>Calculo de las cargas latentes.....</i>	89
4.2.1. <i>Calor debido al aire de infiltración.....</i>	89
4.2.2. <i>Calor generado por las personas que ocupan el local.....</i>	89
4.2.3. <i>Calor procedente del aire de ventilación.....</i>	89
4.2.4. <i>Carga latente efectiva total.....</i>	90
4.3. <i>Carga efectiva total.</i>	90
5. CUADROS RESUMEN DE CARGAS.....	91
6. ELECCIÓN DE MÁQUINAS.....	91



Anejo 7: Climatización.

1. Introducción.

En primer lugar, en nuestra planta de reciclaje de vidrio climatizaremos únicamente las estancias de uso administrativo: oficinas, oficina de dirección, sala de juntas y oficina del Jefe Taller.

El proyecto de una instalación de climatización tiene como primera fase determinar las cargas térmicas en las zonas a acondicionar.

El análisis de la carga térmica se simplifica agrupando las fuentes de calor en dos categorías: las externas y las internas.

Entra las cargas externas, se incluyen el calor conducido a través de cerramiento (conducción), el solar (radiación) y la carga constituida por el aire exterior procedente de la ventilación o de la infiltración.

El punto de partida para el cálculo de dichas cargas o potencias, consiste en fijar las condiciones exteriores límites y las condiciones interiores que deben corresponder a las condiciones del proyecto.

Fijadas estas condiciones, hay que conocer las condiciones constructivas del edificio, materiales, distribución, orientación solar, etc.

Toda pared, sea muro o cristal, que separa dos ambientes que están en distintas condiciones, permite el paso de calor del ambiente más caliente al más frío. Dicho flujo de calor depende de las temperaturas, áreas de las paredes y coeficientes de transmisión de las mismas.

La transmisión, da lugar a que en verano exista una ganancia por radiación solar directa sobre los cristales y los cerramientos.

Existe mucha información que permite calcular cual es esta radiación en función de la orientación de la fachada, de la hora solar y del tipo de cristales que se utilicen.

También interesa conocer cuál es la actividad que se va a realizar en el local a climatizar, número de ocupantes y las cargas internas debida a máquinas y luminarias.



Los ocupantes, por su proceso metabólico, van a producir calor, con un aporte de humedad que es necesario tener en cuenta.

El calor ganado por transmisión, radiación y el aportado por las personas, así como los aportes de iluminación, maquinaria...etc. recibe el nombre de calor sensible ya que afecta fundamentalmente a la temperatura seca, en contraposición a la humedad introducida fundamentalmente por los ocupantes que se llama calor latente, por tanto hay distinguir entre calor latente y calor sensible.

Finalmente, hay que tener presente la ventilación, es decir, la renovación de aire, esto implica un número importante para la carga.

Para garantizar unas buenas condiciones de confort e higiene, una parte de aire interior es expulsado al exterior y sustituido por aire exterior. Es evidente que esta sustitución da lugar a una introducción de humedad y de calor sensible. Por tanto estas ganancias de calor sensible y latente debidas a la ventilación deben ser tenidas en cuenta en el cálculo de cargas térmicas.

La cantidad de aire de renovación (ventilación) es función específica de los ocupantes, de su actividad, así como el volumen del local a acondicionar.

A veces también es preciso tener en cuenta la posibilidad de infiltraciones del aire exterior, ya que ellas dan lugar a un factor importante en las cargas frigoríficas.

2. Normativa de aplicación.

La normativa aplicable en cuanto al acondicionamiento de los espacios, calefacción y refrigeración, son:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE.
- Código Técnico de la Edificación, CTE, en su documento básico DB HE, "Ahorro de energía".

3. Condiciones del proyecto.

Se denominan condiciones del proyecto las que tomamos como fijas y constantes a lo largo del mismo. Lógicamente, el proyecto se aplica a un local situado en un lugar geográfico determinado; así, tendremos que:



Localidad	Sevilla
Temperatura exterior (°C)	42
Humedad relativa exterior (%)	35
Variación diaria de temperatura (°C)	19

Para mantener el clima de bienestar o confort en el interior de cada estancia a acondicionar, se necesita que haya unos determinados valores de temperatura y humedad relativa. En general, se considera que hay un buen ambiente confortable cuando la temperatura interior es de 24 a 26 °C y la humedad relativa entre el 50 y el 60 %. Para nuestro proyecto tomaremos unos valores interiores de temperatura y humedad relativa, para las oficinas, dirección, sala de juntas y oficina del jefe taller, de 25 °C y 50 % respectivamente.

El cálculo de la carga térmica varía según las diferentes horas del día. Tomaremos como base de cálculo el día más desfavorable según base de datos 23 de Julio a las 15 horas.

4. Cálculo cargas térmicas.

Las distintas dependencias que serán acondicionadas son:

- Oficina de dirección.
- Oficinas.
- Sala de juntas.
- Oficina Jefe Taller.

Con el fin de no repetir los cálculos se realizarán sólo para una dependencia (sala de juntas) y el resultado obtenido del resto de dependencias será recogido en una tabla.

4.1. Cálculo de las cargas sensibles.

4.1.1. Carga debida a la radiación a través de ventanas.

Esta carga tiene en cuenta la energía que llega al local procedente de la radiación solar que atraviesa elementos transparentes a la radiación (cristales



de ventanas, claraboyas, etc.). Para calcular esta carga hay que saber la orientación de cada ventana.

En la sala de juntas existe una ventana con orientación SE con una superficie de 2,625 m², de vidrio absorbente un 60 % con marco de metal. Este calor se obtiene según la siguiente fórmula:

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

Siendo:

S: Superficie del hueco de la ventana incluidos el marco, en m².

R: Radiación solar a través del vidrio, en $\frac{kcal}{h \times m^2}$. Este valor se obtiene mediante tablas, según el día y hora del proyecto y la orientación de cada ventana.

f : Producto de todos los factores de corrección. Siendo estos factores:

- Coeficiente de atenuación del vidrio absorbente un 60 % = 0,62
- Coeficiente de atenuación del marco metálico = 1,17

Pudiéndose calcular el valor de Q_{SR} :

$$Q_{SR} = S \times R \times f = 2,625 \times 35 \times 0,62 \times 1,17 = 66,64 \frac{kcal}{h}$$

4.1.2. Carga debida a la radiación y conducción por cerramientos.

El calor procedente del sol calienta las paredes exteriores y el techo de un local y luego este calor se revierte al interior. Los cálculos de este apartado se pueden observar a continuación, en la que en la superficie de la pared no está incluida la superficie de la ventana. Este calor se calcula con la siguiente formula.

$$Q_{STR} = K \times S \times DTE$$

Siendo:



K: Coeficiente de transmisión de la pared, en $\frac{kcal}{h \times m^2 \times ^\circ C}$. Este valor se obtiene sabiendo la composición de cada muro.

S: Superficie de la pared, en m^2 .

DTE: Diferencia de temperaturas equivalente, en $^\circ C$. Este valor se obtiene en tablas según la orientación del muro, el producto de la densidad por el espesor ($DE = 300 \text{ kg} / m^2$) de cada muro y la hora solar del proyecto. Este coeficiente tiene unos factores de corrección que se obtienen en tablas, según la diferencia entre la temperatura exterior y la interior ($42-26 = 16 \text{ }^\circ C$) y la exclusión térmica diaria ($19 \text{ }^\circ C$). Este coeficiente vale $+5,5 \text{ }^\circ C$.

Este calor se calcula para cada pared, con lo que resulta para la pared SE:

$$Q_{STR} = K \times S \times DTE = 1,5 \times 15,375 \times (11,3 + 5,5) = 387,45 \frac{kcal}{h}$$

4.1.3. Calor debido a la transmisión a través de paredes interiores.

En este apartado se incluyen las paredes interiores y las superficies vidriadas, ya que en el apartado 3.1.1 sólo se ha calculado la radiación, y en las superficies vidriadas también tenemos transmisión. Los resultados de este apartado se calculan según la fórmula:

$$Q_{ST} = S \times K \times \Delta T$$

Siendo:

S: Superficie, en m^2 .

K: Coeficiente global, en $\frac{kcal}{h \times m^2 \times ^\circ C}$.

ΔT : Salto térmico o diferencia de temperatura exterior e interior. Si se trata de una pared colindante con un local no refrigerado el salto térmico se rebaja en $3 \text{ }^\circ C$ y si se trata de una pared colindante con un local refrigerado esta pared no se tiene en cuenta.



Este calor se calcula para cada una de las paredes interiores y ventanas:

- Para la ventana:

$$Q_{ST,Ven tan as} = S \times K \times \Delta T = 2,625 \times 16 \times 5 = 210 \frac{kcal}{h}$$

- Para la pared NE:

$$Q_{ST,NE} = S \times K \times \Delta T = 14,8 \times 2 \times 4,5 = 133,2 \frac{kcal}{h}$$

- Para la pared NO:

$$Q_{ST,NO} = S \times K \times \Delta T = 18 \times 2 \times 7 = 252 \frac{kcal}{h}$$

- Para la pared SO:

$$Q_{ST,SO} = S \times K \times \Delta T = 14,8 \times 2 \times 7 = 207,2 \frac{kcal}{h}$$

- Para el techo:

$$Q_{ST,Techo} = S \times K \times \Delta T = 16,65 \times 2 \times 7 = 233,1 \frac{kcal}{h}$$

Siendo el resultado final la suma de todas estas cargas:

$$Q_{ST} = \sum Q_{ST,i} = 1035,5 \frac{kcal}{h}$$

4.1.4. Calor debido al aire de infiltración.

El local que se acondiciona debe estar exento de aire caliente del exterior. Como la entrada de la sala de juntas no es desde el exterior, este apartado no lo consideraré.

4.1.5. Calor generado por las personas que ocupan el local.



Las personas que ocupan el recinto generan calor sensible y calor latente debido a la actividad que realizan y a que su temperatura (unos 37 °C) es mayor que la que debe mantenerse en el local. En la sala de juntas aunque no de forma permanente se calculará para su capacidad máxima que es de 6 personas. El resultado se obtienen con la siguiente formula:

$$Q_{SP} = P \times Q_{ES}$$

Siendo:

P: Número de personal en el local.

Q_{ES} : Calor sensible emitido por una persona, en $\frac{kcal}{h \times persona}$. Este valor se obtiene en tablas.

Con lo que este calor, vale:

$$Q_{SP} = P \times Q_{ES} = 6 \times 55 = 330 \frac{kcal}{h}$$

4.1.6. Calor generado por la iluminación.

La iluminación produce un calor que hay que tener en cuenta. Este valor se obtiene con la siguiente formula:

$$Q_{SIL} = P_w \times f$$

Siendo:

P_w : Potencia eléctrica de las lámparas, en kW.

f : Factor de las luminarias.

En la sala de juntas se ha dispuesto 4 luminarias idénticas, compuestas cada una de ellas por 4 fluorescente de 14W, por tanto:

$$P_w = 224 \text{ W}$$

El factor de corrección para lámparas de descargas, en nuestro caso fluorescentes, es $860 \times 1,25$.



Por lo que el calor debido a la iluminación, vale:

$$Q_{SIL} = P_w \times f = 0,224 \times 860 \times 1,25 = 240,8 \frac{kcal}{h}$$

4.1.7. Calor procedente del aire de ventilación.

En todo el local hace falta renovar el aire, para saber el caudal de aire de ventilación que necesitamos por hora y persona, recurrimos a tablas. El resultado se calcula con la siguiente formula:

$$Q_{SV} = 0,29 \times C_v \times f \times \Delta T$$

Siendo:

C_v : Caudal volumétrico de ventilación, m^3/h . El caudal volumétrico de ventilación se obtiene sabiendo las necesidades de ventilación del local (en tablas) y el número de personas que permanecen en el local.

Por lo tanto C_v , vale:

$$C_v = \frac{m^3}{h} \times n^{\circ} \text{ personas} = 85 \times 6 = 510 \frac{m^3}{h}$$

ΔT : Salto térmico $^{\circ}C$.

f : Coeficiente de la batería de refrigeración, llamado *factor by-pass*.

Con lo que el calor procedente del aire de ventilación, vale:

$$Q_{SV} = 0,29 \times C_v \times f \times \Delta T = 0,29 \times 510 \times 0,3 \times 16 \cong 710 \frac{kcal}{h}$$

4.1.8. Carga sensible efectiva total.

La carga sensible efectiva total, se obtiene sumando todas las cargas anteriores (carga sensible efectiva parcial), más un factor de seguridad del 10 %.

$$Q_{S,TOTAL} = (Q_{SR} + Q_{STR} + Q_{ST} + Q_{SP} + Q_{SIL} + Q_{SV}) \cdot 1,10$$



$$Q_{S,TOTAL} = 3.047,43 \frac{kcal}{h}$$

4.2. Cálculo de las cargas latentes.

4.2.1. Calor debido al aire de infiltración.

El local que se acondiciona debe estar exento de entradas de aire caliente del exterior. Como esta sala de juntas no tiene ninguna entrada desde el exterior, este apartado se considerará nulo. Se supone ventana estanca.

4.2.2. Calor generado por las personas que ocupan el local.

Las personas que ocupan el recinto generan calor sensible y calor latente debido a la actividad que realizan y a que su temperatura (unos 37 °C) es mayor que la que debe mantenerse en el local. En la sala de juntas aunque no de forma permanente se calculará para su capacidad máxima que es de 6 personas. El resultado se obtienen con la siguiente formula:

$$Q_{LP} = P \times Q_{EL}$$

Siendo:

P: Número de personal en el local.

Q_{EL} : Calor latente emitido por una persona, en $\frac{kcal}{h \times persona}$. Este valor se obtiene en tablas.

Con lo que esta carga, vale:

$$Q_{LP} = P \times Q_{EL} = 6 \times 60 = 360 \frac{kcal}{h}$$

4.2.3. Calor procedente del aire de ventilación.



En todo el local hace falta renovar el aire, para saber el caudal de aire de ventilación que necesitamos por hora y persona, recurrimos a tablas. El resultado se calcula con la siguiente formula:

$$Q_{LV} = 0,72 \times C_v \times f \times \Delta r$$

Siendo:

C_v : Caudal volumétrico de ventilación, m³/h. El caudal volumétrico de ventilación es el mismo que el calculado en el apartado 4.1.7, valiendo este 510 m³/h

Δr : Diferencia de humedades absolutas, en g/kg

f : Coeficiente de la batería de refrigeración, llamado *factor by-pass*.

Con lo que la carga procedente del aire de ventilación, vale:

$$Q_{SV} = 0,29 \times C_v \times f \times \Delta T = 0,72 \times 510 \times 0,3 \times 5,8 \cong 639 \frac{kcal}{h}$$

4.2.4. Carga latente efectiva total.

Se consigue sumando todas las cargas anteriores (carga latente efectiva parcial) más un factor de seguridad del 10 %.

$$Q_{L,TOTAL} = (Q_{LP} + Q_{LV}) \cdot 1,10$$

$$Q_{L,TOTAL} = (Q_{LP} + Q_{LV}) \cdot 1,10 = 1.098,9 \frac{kcal}{h}$$

4.3. Carga efectiva total.

Es la suma de la carga sensible efectiva total y la carga latente efectiva total. El resultado es el siguiente:

$$Q_{TOTAL} = Q_{S,TOTAL} + Q_{L,TOTAL} = 4.146,33 \frac{kcal}{h}$$



Esta es la potencia total en la sala de juntas. Esta será la potencia que como mínimo nos deberá aportar la máquina.

Como hemos podido observar, hemos calculado la carga térmica en modo verano, y la razón es, que como vamos a instalar equipos autónomos bombas de calor (BdC), el modo frío es el modo que nos restringe la elección de la máquina, ya que la situación de la planta de reciclaje de vidrio, Sevilla, así nos lo fija.

5. Cuadros resumen de cargas.

	Oficinas	Oficina Jefe Taller	Oficina Dirección	Sala de Juntas
Carga sensible efectiva total (kcal/h)	3.347,43	1.750,27	2.887,18	3.047,43
Carga latente efectiva total (kcal/h)	549,41	550,00	183,13	1.098,90
Carga efectiva total (kcal/h)	3.396,84	2.300,28	3.070,31	4.146,33

Recordar que la unidad de medida presentada, kcal/h, y al haber calculado las cargas térmicas en verano, podemos decir sin equivocarnos que son frigorías.

6. Elección de máquinas.

El sistema elegido para todas las estancias climatizadas son del tipo equipos autónomos, bomba de calor, es decir, máquinas que sirven tanto para refrigeración como para calefacción.

Tendremos un total de 3 sistemas:

- SISTEMA 1: Equipo Autónomos, bomba de calor, 2 x 1. Sistema que climatizará tanto a la sala de “Oficina de Dirección” como a la que está contigua, “Oficinas”. Una unidad exterior con dos unidades interiores.

Por tanto tenemos que seleccionar una máquina de este tipo, que cubra las necesidades térmicas, que serán la suma de las cargas térmicas de las dos salas que cubre el sistema.

$$Q_{TOTAL} = Q_{T,OF} + Q_{T,OF.D} = 6.467,15 \frac{kcal}{hora}.$$

Elegimos una máquina Bomba de Calor, 2 x 1, de 6.500 frig/h en frío y 7.600 kcal/h en calor. Es tipo SPLIT INVERTER, marca DAIKIN, unidad exterior 2MXS50H y dos unidades interiores iguales de pared FTXS-35K.

- SISTEMA 2: Equipo Autónomo, bomba de calor, 1 x 1. Sistema que climatizará la “Sala de Juntas”. Dos unidades, una interior y otra exterior.

Por tanto tenemos que seleccionar una máquina de este tipo, que cubra las necesidades térmicas de la Sala de Juntas, 4.146,33 frigorías.

Elegimos una máquina Bomba de Calor, 1 x 1, de 4.300 frig/h en frío y 4.730 kcal/h en calor. Es tipo CASSETE INVERTER, marca SAUNIER DUVAL modelo SDH 17-050 NK.



- SISTEMA 3: Equipo Autónomo, bomba de calor, 1 x 1. Sistema que climatizará la “Oficina Jefe Taller”. Dos unidades, una interior y otra exterior.

Por tanto tenemos que seleccionar una máquina de este tipo, que cubra las necesidades térmicas de la Oficina del Jefe Taller, 2.300,28 frigorías.



Elegimos una máquina Bomba de Calor, 1 x 1, de 3.000 frig/h en frío y 3.400 kcal/h en calor. Es tipo SPLIT, marca SAUNIER DUVAL modelo SDH 17-035 NW.

Pedro Rodríguez Fernández
PFC Ingeniería Industrial - Plan 98

Septiembre de 2015