

1era Parte del curso “Análisis de Cargas Térmicas”

Capítulo III: Temps. diseño y Condiciones Climáticas

3.1 Condiciones Exteriores de diseño:

Se cuenta con algunas fuentes de información confiable sobre datos climatológicos, tales como AMERIC, ASHRAE, NCDC *International Station Meteorological Climate Summary* Asheville, NC: (***National Climatic Data Center***) , los Centros Meteorológicos de los aeropuertos o localidades que deseemos buscar.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

Esta parte del curso, consta de 11 Capítulos, como sigue:

- 1) Transferencia de Calor y cálculo de Cargas
- 2) Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor
- 3) Condiciones de Temperatura y Datos Climáticos
- 4) Propiedades térmicas de los materiales
- 5) Transferencia de calor en Muros, Techos y Pisos
- 6) Infiltración y Ventilación
- 7) Cálculo de cargas de enfriamiento
- 8) Cargas en Muros, Techo y Particiones
- 9) Carga por Ventanas
- 10) Cargas Internas
- 11) Ejemplo de Cargas para Calefacción y Enfriamiento

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

Capítulo I:

Transferencia de Calor y Cálculo de Cargas:

- 1) 1.1 Conducción
- 2) 1.2 Convección
- 3) 1.3 Radiación
- 4) 1.4 Inercia Térmica, Transferencia de Calor Sensible y Latente.
- 5) Ejercicios

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.1 Conducción:

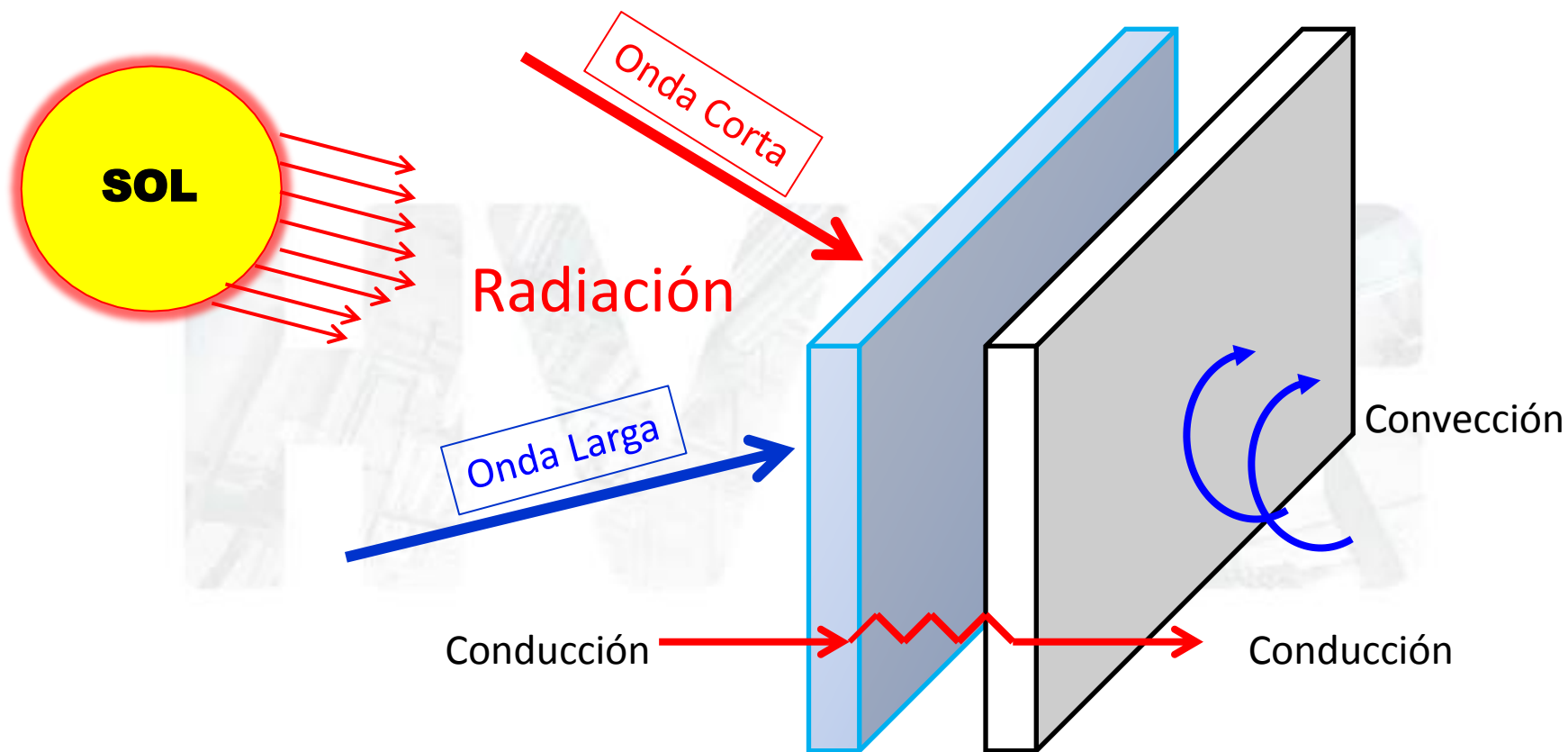
En los edificios la conducción ocurre fácilmente a través de los materiales de construcción. Los materiales pobres en conductividad se utilizan como aislantes tales como fibra de vidrio, espumas plásticas, lana mineral, etc.

La habilidad de los materiales para conducir el calor se llama **CONDUCTIVIDAD (k)** y está dada en **BTU-in/Hr.Ft².°F**, de ello deriva el factor **U**, llamado Coeficiente de Transferencia de Calor **$U = k/L$** (en donde **L** = espesor del material en pulgadas) y el factor **"U"** está dado en BTU/Hr.FT².°F

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.1 Conducción:

El valor recíproco de este factor es llamado la resistencia térmica **R** y es igual a $1/U$, está dado en Hr.Ft².°F/BTU. Este valor **R** es muy usual en la información que proporcionan los fabricantes de materiales y una de sus características es que este valor se incrementará en la medida en que se tenga un mayor espesor del material en cuestión y una segunda característica es que al añadir dos o más materiales la **R** del conjunto es igual a la suma de las **R** de cada uno de sus componentes.



Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.1 Conducción:

La secuencia normal para el cálculo del calor por conducción es, primero obtener el valor R del material, calcular su recíproco U y aplicar la siguiente fórmula

$$Q = U * A * (t_h - t_c)$$

En donde:

Q = Calor transferido por conducción (BTU/Hr)

U = Coeficiente de transferencia (BTU/Hr.FT².°F)

A = Area de la superficie perpendicular al flujo de calor (Ft²)

T_h = Temperatura del lado caliente del material

T_c = Temperatura del lado frío del material

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.1 Conducción:

Problema: Un material con $R = 11$, se añade a un muro con material de $R = 3$, las dimensiones del muro de 8x20 Ft, las temperaturas son de 70°F interior y de 5°F exterior. ¿Cuál es la cantidad de calor transferida por conducción?

Solución:

- 1.- Obtener la R_t del conjunto $R_t = R_1 + R_2 = 11 + 3 = 14$
- 2.- Encontrar el valor de $U_t = 1/R_t = 1/14 = 0.071$
- 3.- Finalmente substituir estos valores en la fórmula
 $Q = U \cdot A \cdot (T_h - T_c) = 0.071 \cdot 160 \cdot (70 - 5)$
 $= 0.071 \cdot 160 \cdot 65$

Calor transferido por conducción = 738 BTU/Hr

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.2 Convección:

La transferencia de calor por convección se presenta cuando fluidos a diferente temperatura se mueven dentro del espacio acondicionado. Un buen ejemplo es lo que sucede con un calefactor (de los que tienen aceite en su interior), el aire es calentado al contacto con la superficie caliente del calentador, la diferencia en la densidad (es menor) del aire caliente provoca que este suba, causando una presión negativa en la parte inferior del calentador, misma que permite el ingreso de aire frío a la parte inferior y así sucesivamente.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.2 Convección:

Hay dos tipos de transferencia de calor por convección, la natural y la forzada.

Calcular la transferencia de calor por convección es más complicado que calcular el calor por conducción, es por esto que los problemas se reestructuran para que sean similares a los de conducción. La clave para esta transformación es el coeficiente de transferencia de calor convección h_c , que reemplaza al factor U en la ecuación del calor de conducción.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.2 Convección:

Siendo la fórmula para calcular la transferencia de calor por convección como sigue:

$$Q = h_c * A * (t_h - t_c)$$

En la mayoría de los casos el valor de h_c les será proporcionado en tablas, aunque también puede ser calculado con el número de Reynolds y otros.

Si desea mas información de como calcular el valor de h_c refiérase al Capítulo 3 de ASHRAE Fundamentals.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.3 Radiación:

La transferencia de calor por radiación ocurre a través de las ondas electromagnéticas. El espectro tiene una gama continua desde ondas muy cortas como los rayos GAMMA, Rayos X y Rayos Ultravioleta; hasta ondas muy largas como las utilizadas para transmisiones de televisión y radio.

Solo la parte visible del espectro y los rayos infrarrojos , son del interés de los sistemas HVAC. La parte visible como la que pasa a través de las ventanas y la parte infrarroja como lo que se intercambia entre todos los objetos a nuestro alrededor.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

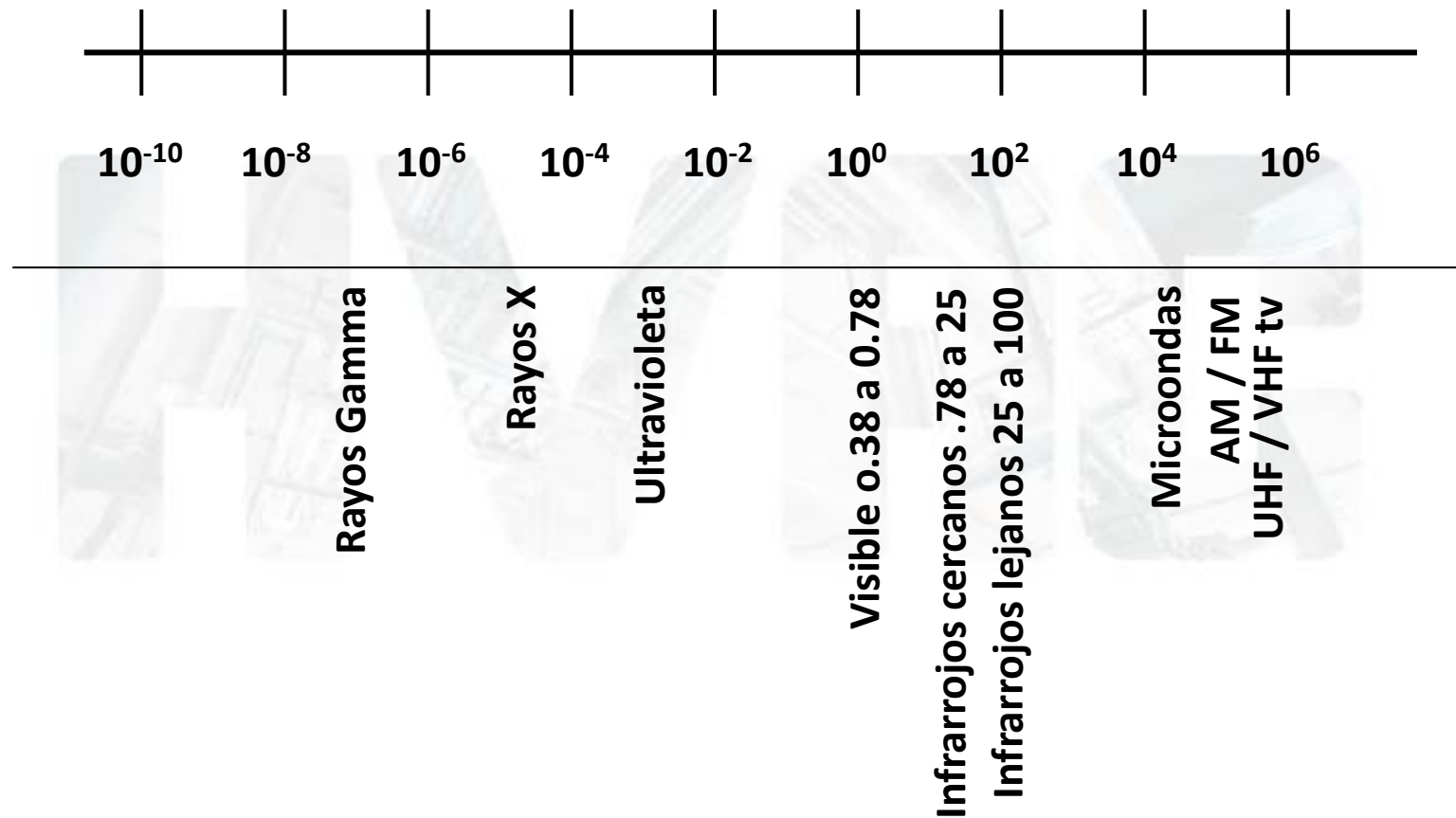
1.3 Radiación:

Todos los objetos emiten ondas electromagnéticas con base en su temperatura. A mayor temperatura corresponde una menor longitud de onda y una mayor intensidad de la radiación, como se muestra en la figura 2ª.

Por ejemplo el Sol esta a una temperatura de 10,000 °R y radia ondas visibles, con una longitud de onda de 0.4 a 0.7 Micrones. Cuando abrimos la puerta de un horno de Microondas a 400 °F (860 °R) la típica longitud de onda es de 6 Micrones. Las longitudes de onda a temperaturas de los espacios acondicionados son de 9 a 10 Micrones.

1 micrón = 0.001 Milímetro.

Longitud de Onda en Micrones



Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.3 Radiación:

La longitud de onda puede ser determinada por la Ley de WEIN, que se expresa como sigue:

$$\lambda = 5216/T$$

En donde:

λ = Longitud de Onda en Micrones

T = Temperatura del Objeto en grados Rankine ($^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$)

La intensidad de la radiación se determina por la Ley de PLANCK como sigue:

$$I = \sigma * T^4$$

Donde:

I = Intensidad de la radiación (BTU/Hr.FT²)

σ = Constante de Estefan Boltzmann = $0.1714 * 10^{-8}$ (BTU/Hr.Ft².R⁴)

T = Temperatura de la superficie en $^{\circ}\text{R}$

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.3 Radiación:

Esta ecuación es válida solo para cuerpos negros, que se definen como emisores/receptores ideales. Cuando se trata de superficies reales, la ecuación se vuelve más compleja. Lo anterior debido a que se deben tomar en cuenta las propiedades de las superficies y el ángulo entre las dos superficies.

La reacción de las superficies a la radiación, se denomina **absortividad** (α). Esta cantidad es igual a la **emisividad** (ϵ) del mismo material a la misma temperatura. Estos dos valores varían entre Cero y Uno.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.3 Radiación:

En la gama de infrarrojos, los materiales con alto nivel de absorción (α) permitirán una mayor transferencia de calor radiante que las superficies con bajo nivel de (α).

El efecto del ángulo de vista, entre la superficie emisora y la receptora, se muestra en la figura 1-3, en la medida en que este ángulo disminuye, más de la energía disponible se transfiere entre las dos superficies y la máxima transferencia ocurre cuando las dos superficies son paralelas. Esta geometría, se presenta con frecuencia en los edificios, (vidrios dobles con espacio intermedio, Loza y Plafond, Muros con hueco). Despreciando los efectos de los filos, el factor de vista F_{1-2} , está dado por:

$$F_{1-2} = (1)/((1/\epsilon_1) + (1/\epsilon_2) - (1))$$

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.3 Radiación:

$$F_{1-2} = (1)/((1/e_1) + (1/e_2) - (1))$$

En donde:

F_{1-2} = Factor de vista entre las superficies 1 y 2
 e_1 = Emisividad superficie 1 a la temp. 1
 e_2 = Emisividad superficie 2 a la temp. 2

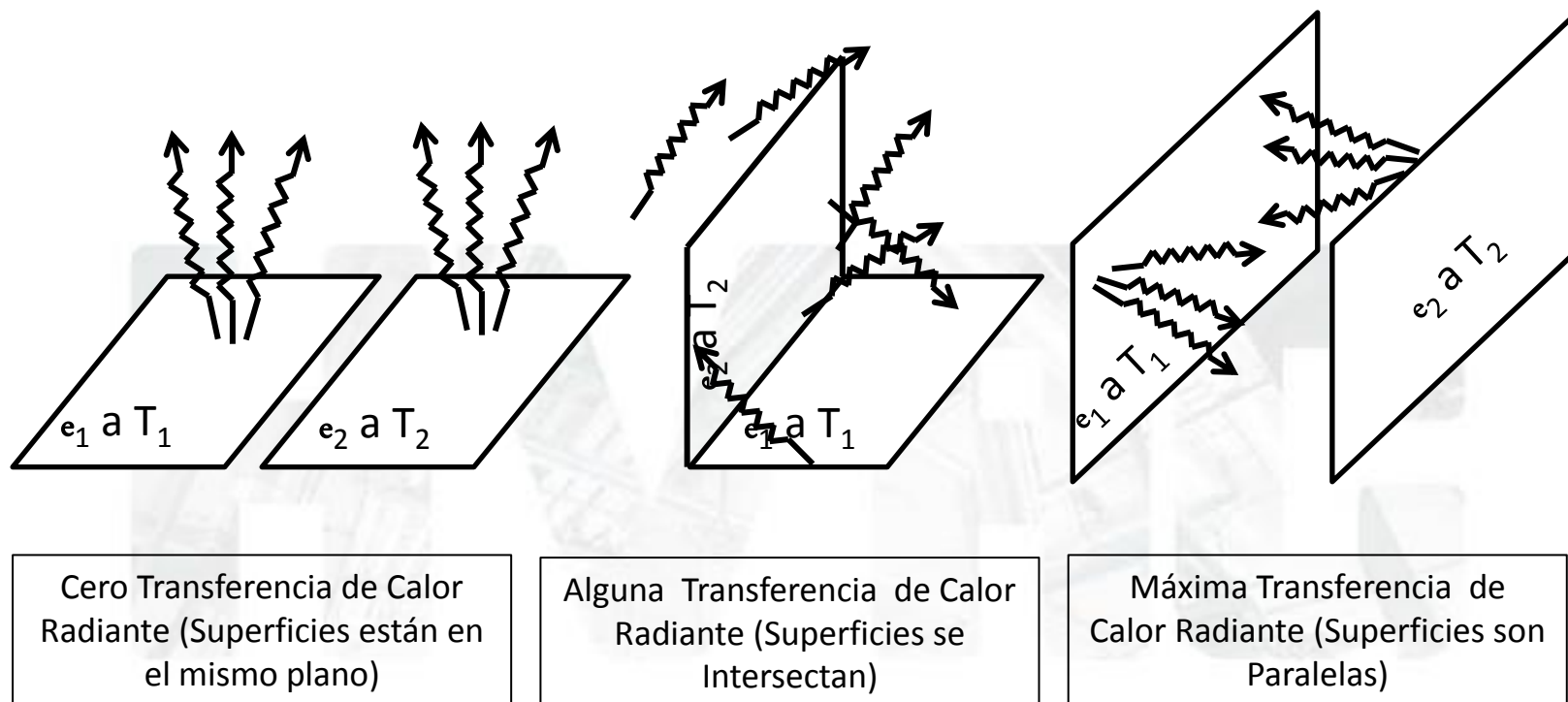


Fig. 1-3 Efectos del ángulo de vista en la transferencia de Calor Radiante

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.4 Inercia Térmica, Transferencia de Calor Sensible y Latente:

En este módulo, muy a menudo usaremos, tres términos, Inercia Térmica, Transferencia de Calor Sensible y Transferencia de Calor Latente.

Hasta ahora las ecuaciones de transferencia de calor han sido escritas suponiendo condiciones de estado estables (cuando las temperaturas son constantes). Las condiciones de estado estable se utilizan para determinar la **R**, el factor **U** y las cargas pico de diseño, sin embargo, es ocasionalmente necesario considerar temperaturas variables, por ejemplo, (Caso de Calefacción) cuando se utiliza el ajuste nocturno del termostato, es necesario cada mañana elevar la temperatura de ajuste, de acuerdo a los puntos de ajuste matutinos. . .Continúa. . .

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.4 Inercia Térmica, Transferencia de Calor Sensible y Latente:

. . .Continúa. . . Que tan rápido subirá la temperatura depende de una característica llamada INERCIA TERMICA, que es la habilidad de los objetos para almacenar energía térmica.

La inercia térmica es el producto de dos características de los materiales, la densidad (ρ) medida en Lb/Ft^3 y el calor específico (C_p) en $\text{BTU}/\text{Lb} \cdot ^\circ\text{F}$. El agua tiene un calor específico de $1.0 \text{ BTU}/\text{Lb} \cdot ^\circ\text{F}$ y el aire estándar, de $0.241 \text{ BTU}/\text{Lb} \cdot ^\circ\text{F}$, los materiales de construcción más comunes tienen un calor específico entre 0.2 y $0.3 \text{ BTU}/\text{Lb} \cdot ^\circ\text{F}$.

El valor que varía considerablemente es el de la densidad, ya que materiales aislantes pueden tener este valor de $0.5 \text{ FT}^3/\text{Lb}$ y materiales como ladrillo y concreto pueden superar las $150 \text{ Lb}/\text{Ft}^3$. En la sección 4 les proporcionaremos valores exactos para varios materiales.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.4 Inercia Térmica, Transferencia de Calor Sensible y Latente:

La ecuación básica para calcular la Inercia Térmica es como sigue:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

En donde:

Q = Calor transferido, BTU

m = Masa del material, Lb.

C_p = Calor específico, BTU/Lb.°F

ΔT = Cambio en la temperatura debido a la transferencia de calor, °F

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.4 Inercia Térmica, Transferencia de Calor Sensible y Latente:

Ejemplo 1-2 Problema: Calcular la energía requerida para elevar la temperatura de 60 °F a 70 °F, de una losa de concreto de 15 Ft de ancho x 20 Ft de largo y de 3 Pulg. de espesor, que tiene una densidad de 120 Lb/Ft³ y un calor específico de 0.2 BTU/Lb.°F:

Solución:

$$Q = m.Cp.DT = (V \cdot \rho) \cdot Cp.DT$$

$$\begin{aligned} & (3/12 \text{ ft}) \cdot (15 \cdot 20 \text{ Ft}^2) \cdot (120 \text{ Lb/Ft}^3) \cdot (0.2 \text{ BTU/Lb.}^\circ\text{F}) \cdot (70-60^\circ\text{F}) = \\ & = (5,400 \text{ Lb}) \cdot (0.2 \text{ BTU/Lb.}^\circ\text{F}) \cdot 10 (^\circ\text{F}) = \mathbf{10,800 \text{ BTU}} \end{aligned}$$

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.4 Inercia Térmica, Transferencia de Calor Sensible y Latente:

El concepto clave para entender en este punto, es que dos estructuras de idéntico tamaño pero de diferente material (Marco de Madera o Block de Concreto) reaccionarán muy diferente a las variaciones de temperatura. Durante el invierno, el material ligero se calentará más rápido que el material más pesado, y por tanto, requerirá de menos energía, sin embargo el material pesado que requiere de más energía para calentarse tardará más tiempo en enfriarse.

Lo mismo sucederá durante el verano. De hecho, mas adelante notaremos que este efecto de almacenamiento de calor, es mas evidente en el cálculo de las cargas de enfriamiento.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.4 Inercia Térmica, Transferencia de Calor Sensible y Latente:

El calor sensible se refiere a la energía almacenada en forma de cambio de temperatura del material. A continuación dos ecuaciones muy útiles solo para cambios de calor sensible en caudales de agua y aire:

$$Q = 500 * \text{GPM} * \Delta T \quad \text{Para flujos de agua medidos en GPM}$$

$$Q = 1.08 * \text{cfm} * \Delta T \quad \text{Para flujos de aire medidos en cfm}$$

En ambas ecuaciones los coeficientes incluyen todas las unidades y propiedades físicas para convertir los flujos volumétricos en BTU/Hr. Por ejemplo el valor 500 es igual al producto de la **densidad** por el **calor específico** del agua 1.0 BTU/Lb.°F, por su **densidad** de 8.31 Lb/Galón y por 60 Minutos/Hr = $1.0 * 8.33 * 60 = 499.8 = 500$

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.5 Ejercicios:

- 1.- Escriba un ejemplo de cada uno de los tres tipos de transferencia de calor.
- 2.- Dados un espesor y un valor de conductividad, determine el coeficiente de calor desde ($U = k/L$)
- 3.- Convierta un valor de R al valor de U . ($U = 1/R$)
- 4.- Explique la diferencia entre Inercia Térmica y Transmisión.
- 5.- Explique la diferencia entre Energía Sensible y Energía Latente.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.6 Problemas:

1.01 Explique el tipo de transferencia de calor para cada una de las siguientes situaciones: Un calentador de agua por gas (boiler); la pared de un Horno; Una Tetera; Un Foco; Una secadora de pelo; Un termo para café; Un calefactor eléctrico de resistencia.

1.02 Un aislamiento de Fibra de vidrio tiene una conductividad de 0.5 (BTU-in/Hr.Ft².°F), encuentre el valor R de un aislamiento de este mismo material con 5.5 Pulgadas de espesor.

1.03 Un edificio tiene un aislamiento continuo con un valor de $R = 26$, despreciando las películas de aire y la estructura ¿Cuál es el factor U de este techo?

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.6 Problemas:

1.04 Un calentador de agua mide 24 Pulg. de diámetro y 48 Pulg. de altura. La pared exterior está cubierta con un aislamiento que tiene una $R=3$. La cubierta del tanque de agua caliente está a $130\text{ }^{\circ}\text{F}$ y en el exterior hay una temperatura de $75\text{ }^{\circ}\text{F}$. Encuentre la rapidez de pérdida de calor en la pared exterior del calentador.

1.05 Algunas personas argumentan que el ajuste nocturno a los termostatos, en Invierno, es inútil, porque el calefactor tiene que funcionar mas tiempo en la mañana, para compensar la temperatura en el espacio acondicionado. Con sus conocimientos de inercia térmica y conducción térmica, como una función de la temperatura. ¿Cómo respondería a ese argumento?

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

Capítulo II:

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

- 1) 2.1 El proceso Básico
- 2) 2.2 Ejemplo de una Construcción
- 3) 2.3 Comentarios Utiles
- 4) Ejercicios

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

Para entender con claridad todas las variables que afectan el flujo de energía en un edificio complejo, es importante primero entender los procesos básicos que están involucrados. En esta sección, estudiaremos las pérdidas de calor de una construcción de dos habitaciones. Todos los parámetros de diseño serán conocidos (muy raro en la realidad).

Iniciaremos con un sistema de calefacción, ya que es el modelo más simple. Se despreciarán las ganancias de calor de fuentes internas y solares, ya que no se debe contar con ellas pues en las noches de invierno no se tienen. Con estas suposiciones las pérdidas de calor calculadas serán conservadoras y ligeramente mayores a la pérdida real.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

1.6 Problemas:

1.04 Un calentador de agua mide 24 Pulg. de diámetro y 48 Pulg. de altura. La pared exterior está cubierta con un aislamiento que tiene una $R=3$. La cubierta del tanque de agua caliente está a $130\text{ }^{\circ}\text{F}$ y en el exterior hay una temperatura de $75\text{ }^{\circ}\text{F}$. Encuentre la rapidez de pérdida de calor en la pared exterior del calentador.

1.05 Algunas personas argumentan que el ajuste nocturno a los termostatos, en Invierno, es inútil, porque el calefactor tiene que funcionar mas tiempo en la mañana, para compensar la temperatura en el espacio acondicionado. Con sus conocimientos de inercia térmica y conducción térmica, como una función de la temperatura. ¿Cómo respondería a ese argumento?

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

El Proceso Básico:

Nuestro trabajo consiste en calcular las pérdidas de calor de la construcción en el ejemplo, calcularemos la pérdida de calor en el cuarto del frente (Front room) y tendremos la oportunidad de calcular y repetir el cálculo para el cuarto de la parte trasera. Como un ejercicio al final de este capítulo.

Realmente, esta división del trabajo representa el primer paso en el proceso de cálculo, ya que es necesario zonificar el edificio en secciones menores que serán acondicionadas por separado. En caso de no zonificar, podríamos tener áreas calientes y otras áreas frías.

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

El Proceso Básico:

En cada zona, cada superficie uniforme se considerará para determinar las pérdidas de calor. Normalmente las habitaciones están compuestas de cuatro muros, techo y piso, estos son los que deberemos analizar. Las ventanas y puertas pierden más calor que los muros de tal forma que debemos analizar por separado estos componentes. Finalmente, se debe considerar la infiltración de aire frío hacia dentro del edificio ya que representa un porcentaje significativo de la pérdida total de calor.

La forma mas conveniente de presentar todos estos número es en tabular, como lo podemos apreciar en la Tabla 2-1, pero ante veremos el plano de los dos cuartos por analizar en esta sección, como sigue:

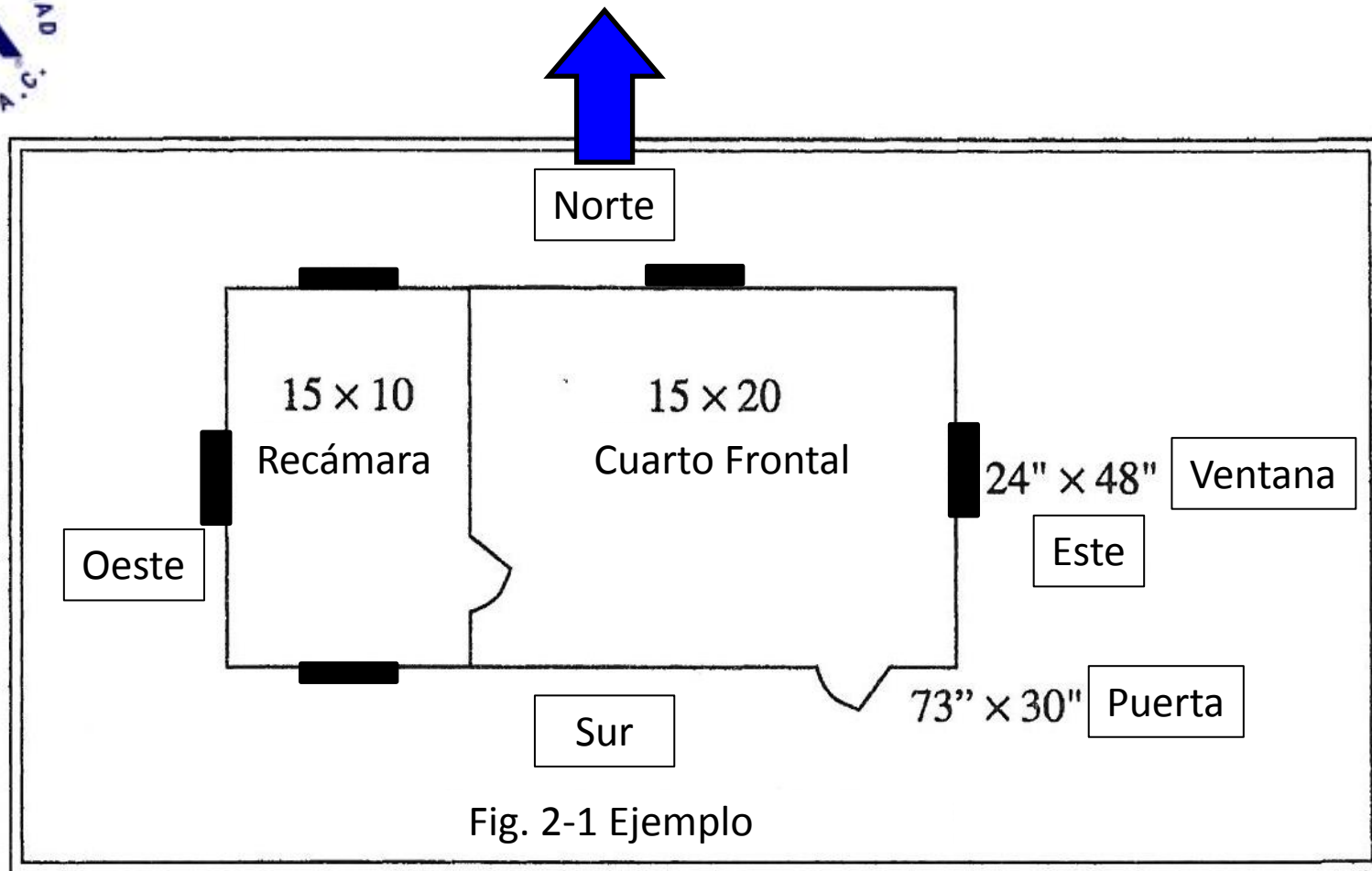


Fig. 2-1 Ejemplo

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

El Proceso Básico:

Ejemplo:

Una cabaña de 15x30 Ft como se muestra en la Fig. 2-1 con dos habitaciones, una de 15x20 ft y otra de 15x10 ft., esta tiene una puerta en el muro sur, que mide 76x30 Pulg. y está hecha de maderas sólida. Tiene 5 ventanas de doble panel de 24x48 Pulg. c/u. Los muros son de 8 ft. De altura, con aislamiento de $R= 19$ y el techo tiene un aislamiento cuya $R= 30$.

Como lo veremos en la sección 5, los elementos estructurales crean un puente térmico al aislamiento y reducen los valores de R de los muros y techo hasta $R=16$ Hr.ft².°F/BTU, para muros y $R=28$ Hr.ft².°F/BTU para el techo. La temperatura interior debe mantenerse a 65 °F cuando la temperatura exterior sea de 8 °F y el viento sea de 15 mph.

Table 2-1. Front Room Heat Loss

Section	Area or Volume	Net Area	$U=1/R$	$T_{in} - T_{out}$	$Q = UA$ ($T_{in} - T_{out}$)
North	20x8-2x4	152	0.06	57	520
East	15x8-2x4	112	0.06	57	383
West	15x8	120	0	0	0
South	20x8- (28x80/144)	144	0.06	57	492
Ceiling	15x20	300	0.04	57	684
Window	2x4+2x4	16	0.5	57	456
Door	76x30/144	16	0.5	57	456
Floor	15x20	300	0.1	20	600
Infiltration	15x20 x8x0.5	1200	0.018	57	<u>1231</u>
			Total Heat Loss		4823 Btu/h

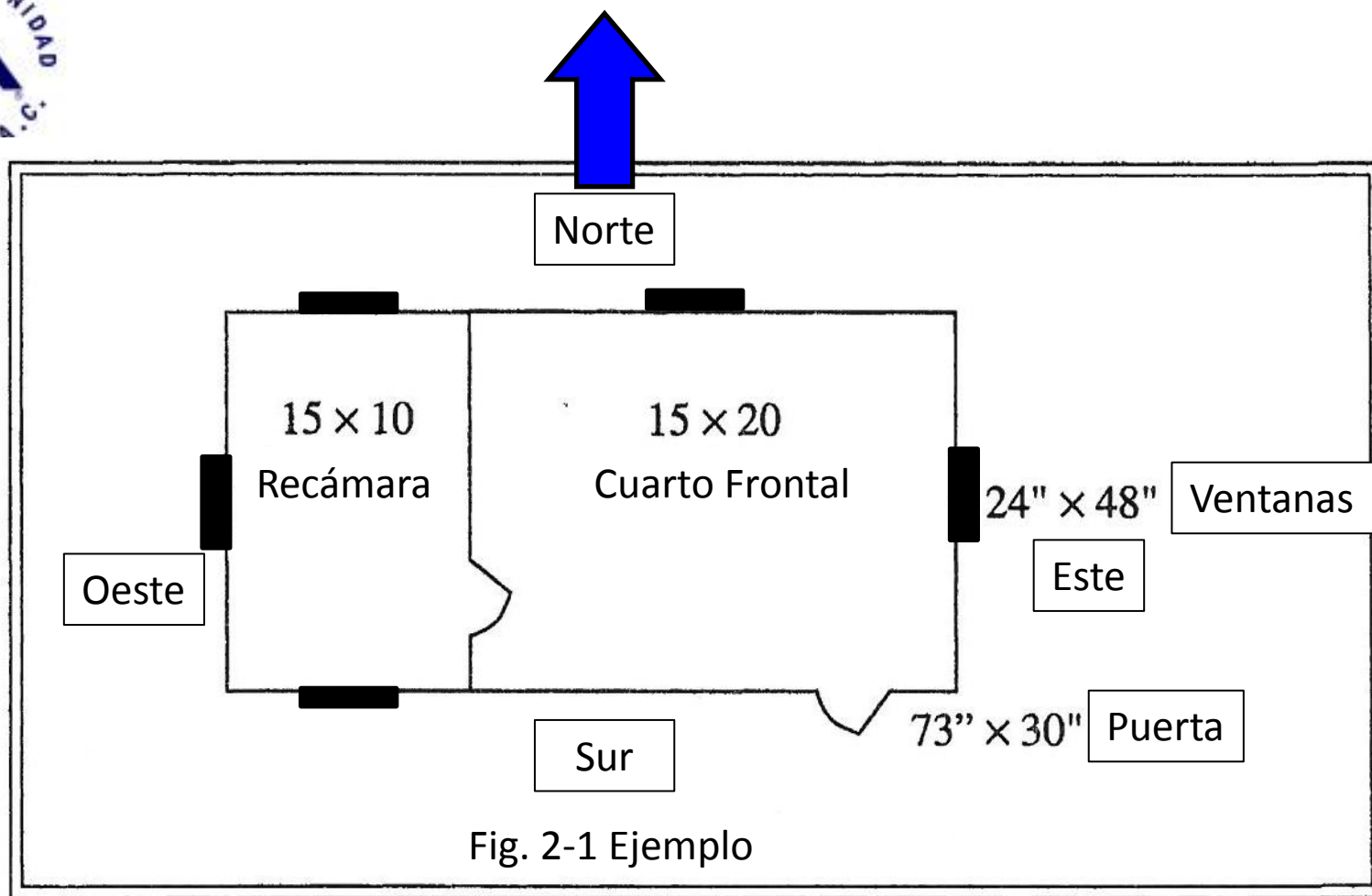


Fig. 2-1 Ejemplo

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

El Proceso Básico:

Ejemplo:

Como se resume en la Tabla 2-1, se calcula cada área de muro y sabiendo que el factor $U = 1/R$, que para los muros será de $U=1/16 = 0.06 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.\text{°F}$ y la diferencial de temperatura a través de los muros y ventanas, será de $\Delta T = T_{\text{in}} - T_{\text{out}} = 65 - 8 = 57 \text{ °F}$.

No hay pérdida de calor en el muro Oeste de Cuarto Frontal ya que las dos habitaciones están a la misma temperatura. El factor U del techo será de $U = 1/R = 1/28 = 0.04$, las ventanas tienen una $R = 2$, y su factor $U=1/2=0.5$.

La tabla 2-2 nos proporciona los valores para varios tipos de puertas de madera y de acero.

Table 2-2. Transmission Coefficients (U) for Wood and Steel Doors (Btu/h·ft²·°F)

Nominal Door Thickness, in.	Description	No Storm Door	Wood Storm Door ^c	Metal Storm Door ^d
Wood Doors^{a,b}				
1-3/8	Panel door with 7/16-in. panels ^e	0.57	0.33	0.37
1-3/8	Hollow core flush door	0.47	0.30	0.32
1-3/8	Solid core flush door	0.39	0.26	0.28
1-3/4	Panel door with 7/16-in. panels ^e	0.54	0.32	0.36
1-3/4	Hollow core flush door	0.46	0.29	0.32
1-3/4	Panel door with 1-1/8-in. panels ^e	0.39	0.26	0.28
1-3/4	Solid core flush door	0.40	—	0.26
2-1/4	Solid core flush door	0.27	0.20	0.21
Steel Doors^b				
1-3/4	Fiberglass or mineral wool core with steel stiffeners, no thermal break ^f	0.60	—	—
1-3/4	Paper honeycomb core without thermal break ^f	0.56	—	—
1-3/4	Solid urethane foam core without thermal break ^a	0.40	—	—
1-3/4	Solid fire rated mineral fiberboard core without thermal break ^f	0.38	—	—
1-3/4	Polystyrene core without thermal break (18 gage commercial steel) ^f	0.35	—	—
1-3/4	Polyurethane core without thermal break (18 gage commercial steel) ^f	0.29	—	—
1-3/4	Polyurethane core without thermal break (24 gage residential steel) ^f	0.29	—	—
1-3/4	Polyurethane core with thermal break and wood perimeter (24 gage residential steel) ^f	0.20	—	—
1-3/4	Solid urethane foam core with thermal break ^a	0.20	—	0.16

Note: All U-factors for exterior doors in this table are for doors with no glazing, except for the storm doors which are in addition to the main exterior door. Any glazing area in exterior doors should be included with the appropriate glass type and analyzed as a window (see Chapter 29). Interpolation and moderate extrapolation are permitted for door thicknesses other than those specified.

^aValues are based on a nominal 32 in. by 80 in. door size with no glazing.

^bOutside air conditions: 15 mph wind speed, 0°F air temperature; inside air conditions: natural convection, 70°F air temperature.

^cValues for wood storm door are for approximately 50% glass area.

^dValues for metal storm door are for any percent glass area.

^e55% panel area.

^fASTM C 236 hotbox data on a nominal 3 ft by 7 ft door size with no glazing.

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

El Proceso Básico:

Ejemplo:

¿Cuál será el valor R del piso?, y ¿Cuál será la diferencial de temperatura? Ambas preguntas son difíciles de contestar en forma exacta y para conservar este ejemplo simple, haremos unas suposiciones razonables. Los valores de R típicos para los terrenos son del orden de 10 BTU/Hr.Ft².°F, y en la zona de nuestro ejemplo, la temperatura promedio del suelo es de 45 °F. Por lo tanto tendremos, para el piso $U = 1/10 = 0.1$ y $\Delta T = T_{in} - T_{out} = 65 - 45 = 20$ °F.

El renglón final de la tabla 2-1, indica la infiltración de aire a la construcción, la cual es difícil de estimar, ya que depende de la calidad de la construcción, su edad, la dirección y la velocidad del viento. Los valores típicos de infiltración se miden en **Cambios/hora** y varían . . .continúa. .

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

El Proceso Básico:

Ejemplo:

de 0.5 **Cambios/Hora** para edificios nuevos hasta 1.0 **Cambios/Hora** para construcciones viejas.

Hagamos una suposición razonable para nuestro ejemplo y la infiltración será de 0.5 **Cambios/Hora**, lo anterior para evitarnos entrar en Cálculos detallados que veremos en el capítulo 6 de nuestro curso.

El volumen del cuarto es $= 15 \times 20 \times 8 = 2400 \text{ Ft}^3$, esto nos dice que la infiltración será de $(2400 \text{ Ft}^3 \times 0.5 \text{ C/Hr}) = 1,200 \text{ Ft}^3/\text{Hora}$. El valor 0.018 mostrado en la columna de U (tabla 2-1) es el producto de 0.075 Lb/Ft^3 que es la densidad del aire, y 0.24 $\text{BTU}/\text{Ft}^3 \cdot ^\circ\text{F}$, que es el calor específico del aire. Que al multiplicarlos por el caudal de aire en Ft^3/Hr , dará como resultado el calor Q, en BTU/Hr .

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

Comentarios Útiles:

Exactitud: Nótese que los valores de la última columna de la tabla 2-1, están redondeados a la unidad. Recordándoles que un BTU es el calor que se desprende al encender un cerillo de madera y que no es posible medirlo en campo

Factores de Seguridad: Es una práctica común, instalar equipo que sea ligeramente mayor que la necesidad mínima calculada. Una de las razones es que los equipos suministrados por los fabricantes se dan en capacidades de en etapas, instalar un equipo de 5500 BTU/Hr, para nuestro ejemplo de 4800 BTU/ Hr, nos proporcionará cerca de un 15% de factor de seguridad y es el de capacidad inmediata superior a la calculada existente en el mercado.

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

Comentarios Útiles:

Calentamiento en la Mañana: Ya que se hizo el ajuste nocturno del termostato, será necesario instalar capacidad suficiente, por arriba de la calculada, para calentar el edificio hasta el punto de ajuste de día, en un plazo razonable de tiempo. Supongamos que nuestro ejemplo tiene aproximadamente 2,000 Lbs de mobiliario, aparatos y materiales de construcción interiores, con un calor específico promedio de 0.3 BTU/Lb.°F y deberemos elevar la temperatura 10°F en una Hora. La energía necesaria para esto es:

$$Q = m \cdot C_p \cdot DT = (2000 \text{ Lb})(0.3 \text{ BTU/Lb})(10^\circ\text{F}) =$$
$$Q = 6,000 \text{ BTU/Hr}$$

Note que este valor es mucho mayor que la carga de calefacción y solo tenemos un equipo de 5,500 BTU/Hr con lo cual tenemos un excedente de la carga de 5500 – 4800 = 700 BTU/Hr y con esta capacidad . . .continúa. . .

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

Comentarios Utiles:

Calentamiento en la Mañana: . . .continúa. . . La habitación se calentará al siguiente ritmo

$$\Delta T = Q / m \cdot C_p$$

$$\Delta T = (700 \text{ BTU/Hr}) / (2000 \text{ Lb})(0.3 \text{ BTU/Lb.}^\circ\text{F})$$

$$\Delta T = 1.2 \text{ }^\circ\text{F por Hora}$$

Y para elevar la temperatura del cuarto 7 °F tomará un poco menos de 6 Horas, lo cual es inaceptable.

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

Comentarios Útiles:

Dimensiones: Usualmente, Las dimensiones netas interiores darán un mejor resultado de las condiciones térmicas. Mientras que TODAS las áreas de pérdida de calor sean consideradas en el cálculo, las medidas al milímetro no se requieren, aproxímense al centímetro.

Zonificación: Para un mejor control, los edificios más grandes deben ser divididos en un mayor número de zonas. Al efectuar el cálculo de cargas térmicas, es importante asegurarse de que las superficies exteriores y los materiales de construcción, correspondan a la zona interior considerada.

Experiencia: Un reto para un buen diseñador es tener un sentido acerca de si el resultado calculado suena razonable. Este factor de experiencia se desarrolla con los años, pero ahora es un buen momento para empezar. Este cuarto es mas o menos del tamaño de una sala de estar familiar y pierde cerca de 5,000 BTU/Hr de tal manera que . . .continúa. . . .

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

Comentarios Utiles:

Experiencia: . . .continúa. . . . Una casa de 5 habitaciones se puede esperar que pierda cerca de 25,000 BTU/Hr o dicho en una base por área perderá $(4800/300) = 16$ BTU/Hr.Ft². Esto queda dentro de una gama normal de 10 a 30 BTU/Hr.FT². Los edificios mayores tienden a colocarse en la parte baja de esta gama, debido a que su área de piso de incrementa más que su área de muros.

En trabajo residencial será útil resumir el porcentaje de pérdida que representan cada uno de los renglones de la tabla. No es inusual que un tercio de la capacidad sea causada por la infiltración, otro tercio por ventanas y puertas y el último tercio por muros y techos. Este ejercicio, puede ofrecer información muy útil para el futuro en áreas tales como el análisis de conservación de energía.

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

Comentarios Utiles:

Operación: La mejor estimación de carga térmica puede ser destruida por un mal operador. En un estudio de familias idénticas en casas idénticas, el uso de energía varió en 30% debido solamente a diferentes estilos de vida. Si el operador de un edificio comercial decide que mucho aire nuevo minimizará las quejas por calidad interior del aire, una suposición de diseño del 15% será muy mala para su presupuesto.

Computadoras: Para la mayoría de los cálculos de pérdidas de calor, se tienen ecuaciones muy sencillas que se prestan para incluirlas en una hoja de trabajo **Excel** o similar. Cada área con sección transversal uniforme, se representa en un renglón de la tabla, cada término de la ecuación se indica en las columnas de esa línea. Esta herramienta será muy útil cuando considere las veces que estos valores. . .continúa. . .

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

Comentarios Utiles:

Computadoras: . . .continúa. . . Pueden cambiar durante el proceso de cálculo. Existen también varios Software comerciales disponibles en el mercado para este mismo propósito, más con cualquier inversión en Software, la responsabilidad de la exactitud de los cálculos, es del usuario, así que ***Sr. Comprador de software, MUCHO CUIDADO.***

Cambios: Finalmente, recuerde que todos los cálculos anteriores están basados en una serie de condiciones fijas. Cada vez que la temperatura exterior o el viento, cambien, la pérdida de calor cambiará. Debido a que el desempeño de los equipos también varía con las condiciones ambientales, para efectuar correctamente el análisis energético se requiere de muchos más cálculos que los aquí presentados.

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

Problemas:

- 2.01 Calcular la pérdida de calor de la Recámara (bedroom) del ejemplo anterior
- 2.02 Disminuya la temperatura exterior a, -5°F y repita el cálculo para las dos habitaciones.
- 2.03 Si la puerta fuese cambiada al muro Este, explique, en su caso, como esto cambiará la pérdida de calor de la cabaña.
- 2.04 En caso de que la cabaña fuese girada sobre su eje o girada como vista de espejo, explique como afectarían a la pérdida de calor estos cambios.
- 2.05 Si deseara reducir la pérdida de calor de la cabaña, explique que cambios haría.
- 2.06 Suponga un sistema de calefacción . . . Continúa. . .

Procedimiento para cálculo de Pérdidas de Calor

Problemas:

2.06 . . . Continúa. . . de 20,000 BTU/Hr es instalado en el cuarto frontal (front room) de la cabaña con 4,800 BTU/Hr de diseño Por pérdida de calor. El total de la masa del cuarto frontal (front room) de la cabaña y su contenido, es de 5,000 Lb. Con un calor específico promedio de 0.25 BTU/Lb.°F, ¿Cuánto tiempo tomaría subir en 10 °F la temperatura de la cabaña en las condiciones de diseño? ¿Cuánto tiempo tomaría, elevar 10 °F, si la temperatura exterior fuese de 32 °F?

2.07 Dada la masa y calor específico del Cuarto Frontal (front room) de la cabaña y sus contenidos del ejercicio 2-06 ¿que tan grande debe ser la capacidad del sistema de calefacción para elevar la temperatura del espacio, de 65 °F a 70 °F en 20 minutos?. Recuerde que el sistema de calefacción también suministra lo necesario para las pérdidas que ocurren durante ese período de tiempo.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

Capítulo III

Temperaturas de diseño y Condiciones Climáticas

- 1) 3.1 Condiciones de diseño Interiores
- 2) 3.2 Condiciones de diseño exteriores
- 3) 3.3 Temperatura exterior de diseño en Invierno
- 4) 3.4 Viento y datos anuales extremos
- 5) 3.5 Condiciones Exteriores de diseño en Verano
- 6) 3.6 Otras fuentes de información Climática

Sección 3: Temps. diseño y Condiciones Climáticas

3.1 Condiciones interiores de diseño:

Existen cuatro variables, que directamente afectan al confort humano, **Temperatura, Humedad, Velocidad del aire y Temperatura radiante promedio**. El efecto de estas variables, puede variar de drásticamente, del Invierno al Verano. A continuación veremos a detalle cada una de ellas

Como se muestra en la Fig. 3-1, "Zona de Confort" de ASHRAE, que se define como la gama de condiciones de temperatura y humedad en la cual el 80% de las personas que se encuentran trabajando en oficinas está satisfecha. En situación de calefacción, la introducción de aire frío y seco, puede causar una baja humedad en el ambiente y provocar que las personas estén a disgusto.

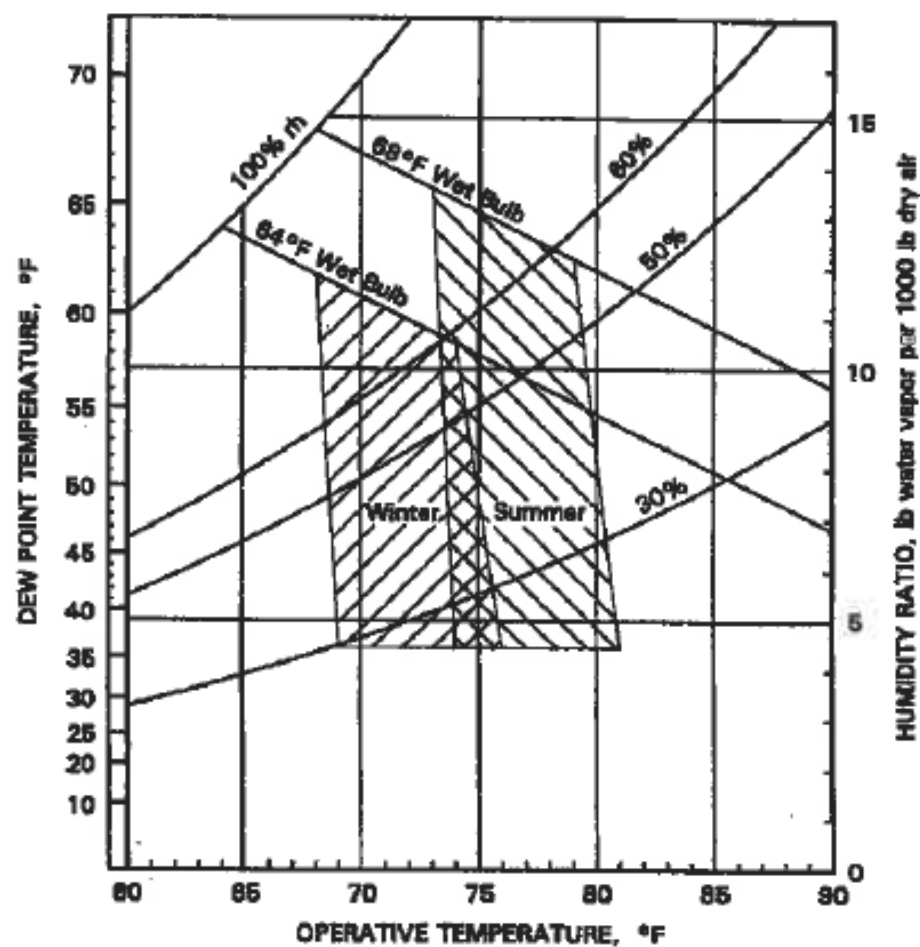


Figure 3-1. ASHRAE Comfort Zone

Tabla 2. (ASHRAE Applications) Temperatura y Humedad Interiores, Típicas, recomendadas para Edificios de Oficinas

Area	Condiciones Interiores de diseño		
	Temperatura, °F/ Humedad Relativa %		Comentarios
	Invierno	Verano	
Oficinas, Salas de Juntas, Areas comunes	70.0 to 74.0	74.0 to 78.0	
	20 to 30%	50 to 60%	
Cafetería	70.0 to 73.5	78.5	
	20 to 30%	50%	
Cocinas	70.0 to 73.5	84.0 to 88.0	Sin control de Humedad
Baños y Vestidores	72.0		Usualmente No Acondicionado
Almacenes	64.0		Sin control de Humedad
Cuartos de Equipo Mecánico	61.0		Usualmente No Acondicionado

Capítulo III: Temps. diseño y Condiciones Climáticas

3.1 Condiciones interiores de diseño:

En situaciones de enfriamiento y des-humidificación (verano) se han tomado las condiciones de 75 °F(23.8) a 78 °F (25.5 °C) de Bulbo seco y 50% a 60% de Humedad relativa como las mas usuales.

La meta del diseño de un sistema de distribución de aire, es de entregar las cantidades necesarias de aire sin que el ocupante se de cuenta de ello. Para lograr esto, la mayoría de los diseños de Aire Acondicionado exigen velocidades de aire, en el espacio controlado, menores a 100 fpm (Feet per minute) (Pies por minuto) = 0.508 Metros/seg. (la velocidad, caminando normalmente, es del orden de 0.70m/seg a 0.80 m/seg)

La **Temperatura radiante promedio**, representa el promedio de las temperaturas de las superficies alrededor del espacio acondicionado de que se trate. La mayoría de estas superficies estarán. . .continúa. . .

Capítulo III: Temps. diseño y Condiciones Climáticas

3.1 Condiciones Exteriores de diseño:

. . .continúa. . . pero dimensionar un sistema para las más desfavorables (peores) condiciones exteriores (invierno o verano) resultará en equipo sobredimensionado, que será de precio más alto y a las condiciones reales de trabajo, será menos eficiente. De tal manera que las condiciones exteriores de diseño, se han desarrollado para que se provean equipos de una capacidad aceptable que permitan al propietario una inversión inicial y costos de operación razonables.

Por lo tanto se deberán tomar los datos climáticos, que no sean los extremos.

Capítulo III: Temps. diseño y Condiciones Climáticas

3.1 Condiciones Exteriores de diseño:

. . .continúa. . . pero dimensionar un sistema para las más desfavorables (peores) condiciones exteriores (invierno o verano) resultará en equipo sobredimensionado, que será de precio más alto y a las condiciones reales de trabajo, será menos eficiente. De tal manera que las condiciones exteriores de diseño, se han desarrollado para que se provean equipos de una capacidad aceptable que permitan al propietario una inversión inicial y costos de operación razonables.

Por lo tanto se deberán tomar los datos climáticos, que no sean los extremos.

Copyrighted material added to print books on 01-12-2016 for Internet's use only. No further reproduction or networking is permitted. Distributed by ASHRAE.

Capítulo III: Temps. diseño y Condiciones Climáticas

3.1 Condiciones Exteriores de diseño:

Se cuenta con algunas fuentes de información confiable sobre datos climatológicos, tales como AMERIC, ASHRAE, NCDC *International Station Meteorological Climate Summary* Asheville, NC: (***National Climatic Data Center***) , los Centros Meteorológicos de los aeropuertos o localidades que deseemos buscar.