
Cálculo de Cargas de Enfriamiento

El objetivo de este capítulo es aprender a determinar la cantidad de enfriamiento que se necesita para mantener confortables los recintos en una construcción durante el verano. En el capítulo 3 aprendimos cómo calcular las necesida-

des de calefacción para el invierno. Los procedimientos para calcular las necesidades de enfriamiento son semejantes, pero implican tener en cuenta más factores, lo cual hace que el tema sea más complicado.

OBJETIVOS

Después de estudiar este capítulo, el estudiante podrá:

1. Calcular las ganancias de calor de un recinto.
2. Seleccionar las condiciones de diseño adecuadas para el enfriamiento.
3. Determinar las condiciones de carga máxima.
4. Calcular las tasas necesarias de ventilación.
5. Realizar un análisis de carga de enfriamiento comercial.
6. Realizar un análisis de carga de enfriamiento residencial.

6.1. CARGAS DE ENFRIAMIENTO

El interior de un edificio gana calor debido a varias fuentes. Si la temperatura y humedad del aire en los recintos se deben mantener a un nivel confortable, se debe extraer calor para compensar

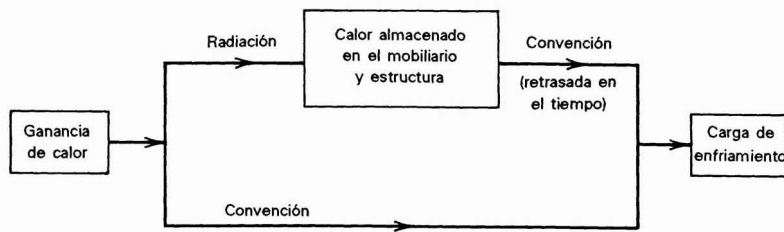


Figura 6.1. Diagrama del flujo de calor donde se indican la ganancia de calor de la construcción, el almacenamiento de calor y la carga de enfriamiento.

las ganancias mencionadas. A la cantidad neta de calor que se retira se le llama *carga de enfriamiento*. En este capítulo examinaremos cada uno de los componentes de las ganancias de calor, cómo se calculan, y a continuación cómo se determina la carga de enfriamiento. Se debe calcular esta carga porque es la base para seleccionar el equipo de enfriamiento adecuado, así como las tuberías y los ductos. También se emplea para analizar el uso y la conservación de la energía.

El cálculo de la carga de enfriamiento se basa en los principios de transferencia de calor que se presentaron en el capítulo 3. En esa ocasión se emplearon los principios para calcular las pérdidas de calor y la carga de calefacción. La carga de enfriamiento es semejante, pero su dirección es opuesta, porque resulta de ganancias de calor en los recintos. Se emplean los mismos principios de la transferencia de calor para calcular las ganancias de éste, y por eso el lector debe repasar el capítulo 3 antes de estudiar el material que se presenta en éste.

Los métodos de cálculo de las cargas de enfriamiento que se emplearán aquí son esencialmente los que recomienda el ASHRAE (*Fundamentals Handbook*, 1985).

Los procedimientos de cálculo que se describen son mucho más exactos que los que se empleaban en el pasado. La mayor exactitud conduce con frecuencia a la selección de equipos de menor tamaño y más eficientes en cuanto al uso de energía. Muchos códigos y normas nuevos de construcción piden que se lleven a cabo los cálculos empleando dichos métodos, o métodos semejantes.

Los procedimientos descritos se aplican a construcciones comerciales e industriales. Después se

describirán las modificaciones que se usan para construcciones residenciales.

6.2. EL EFECTO DE ALMACENAMIENTO DE CALOR

En la explicación de los cálculos de la carga de calefacción se demostró que la carga de calefacción de un recinto es simplemente la suma de las pérdidas de calor del recinto, tomando en cuenta la tasa adecuada de infiltración. La relación entre las ganancias de calor y la carga de enfriamiento es más compleja, como se puede ver en la figura 6.1.

La *ganancia de calor* bruta del recinto es la velocidad a la que se recibe calor en cualquier momento en el recinto. Esta ganancia de calor está constituida por partes procedentes de muchas fuentes: radiación solar, alumbrado, conducción y convección, personas, equipo, infiltración. Todo el calor que se recibe de esas fuentes en general no se emplea en forma inmediata para calentar el aire del recinto. Algo del calor, en especial la energía radiante del sol, las luces y la gente, se absorbe en los materiales dentro del recinto, tanto de su estructura como de sus muebles. A esto se le llama el efecto de *almacenamiento de calor*: calor que se absorbe y almacena en los materiales de construcción. Como resultado de ello, con frecuencia la ganancia *neto* de calor al aire del recinto, que procede de las fuentes de calor, es menor que las ganancias *brutas* de calor. La *carga de enfriamiento* del recinto, que es la velocidad a la cual se debe eliminar el calor del recinto para mantener

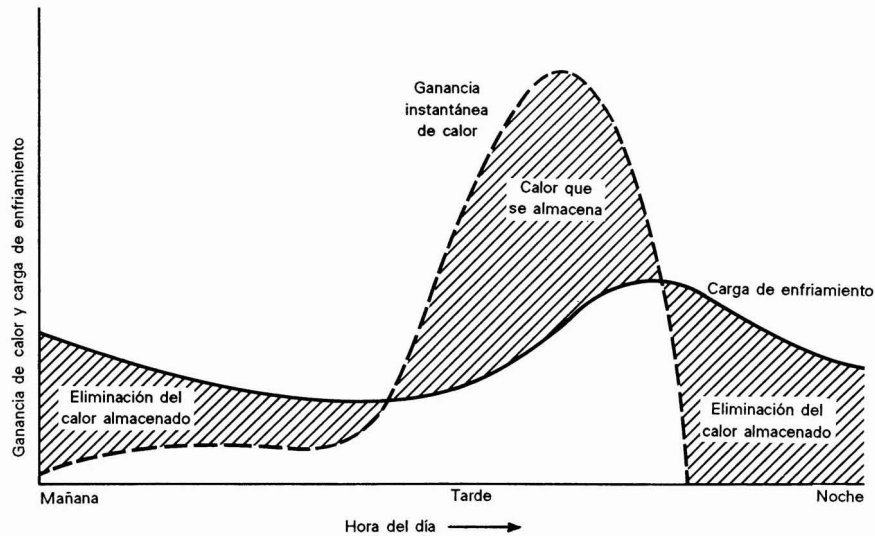


Figura 6.2. Diferencia entre la ganancia instantánea de calor y la carga de enfriamiento que resulta del efecto de almacenamiento de calor.

las condiciones de diseño, es la suma de las ganancias netas de calor.

Es muy importante tomar en cuenta el efecto de almacenamiento de calor, porque puede ocasionar cargas reales apreciablemente menores. El efecto de almacenamiento se puede considerar también como un periodo de retraso del calor. Esto es, algo del calor que se recibe en el recinto se retrasa en el tiempo para alcanzar el aire del mismo. Al final, la temperatura de los materiales de construcción se elevará lo suficiente como para ceder calor al aire de la estancia. Sin embargo, en general el almacenamiento continúa hasta más allá de la hora de la carga máxima en el día, y el efecto neto es una reducción de cargas pico o máximas, como se ve en la figura 6.2. El turista que ha estado en el interior de las grandes catedrales en Italia, en un día caluroso de verano, nota cuán fresco está el interior. Las paredes, algunas veces de 6 a 8 ft de espesor, tienen una gran capacidad de almacenamiento de calor, y un gran efecto de retraso.

Los métodos que emplearemos toman en cuenta el efecto de almacenamiento y el periodo de retraso de modo directo y sencillo. Hay dos efectos adicionales relacionados, que se describirán después: La transferencia de calor a los alrededores, y la oscilación de temperatura.

6.3. GANANCIAS DE CALOR EN RECINTOS

Los componentes que contribuyen a la ganancia de calor en el recinto son los siguientes (fig. 6.3).

1. Conducción a través de paredes, techo y vidrios al exterior.
2. Conducción a través de divisiones internas, cielos rasos y pisos.
3. Radiación solar a través de vidrios.
4. Alumbrado.
5. Personas.
6. Equipos.
7. Infiltración del aire exterior a través de aberturas.

Conviene agrupar en dos partes esas ganancias de calor: las que proceden de fuentes externas al recinto, y las que se generan internamente. Según la descripción anterior se ve que los puntos 1 a 3 son ganancias de calor externo, y los puntos 4 a

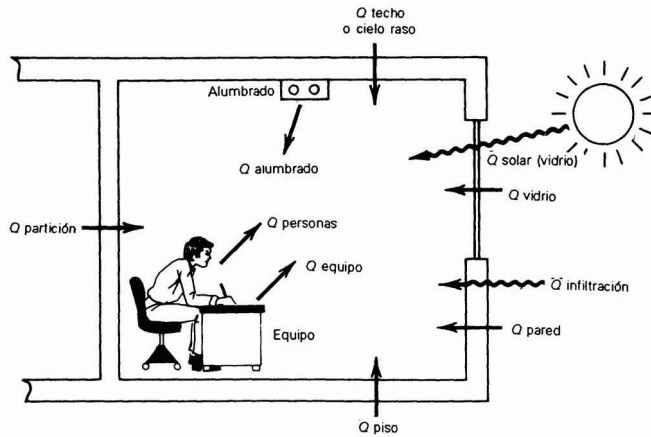


Figura 6.3. Componentes de la ganancia de calor del recinto, Q .

6 son *ganancias de calor interno*. Se puede considerar que la infiltración es una clase separada.

También conviene agrupar las ganancias de calor en dos grupos distintos: ganancias de calor *sensible* y de calor *latente*. Las ganancias de calor sensible ocasionan un aumento de la temperatura del aire y las ganancias de calor latente se deben a la adición de vapor de agua, y por lo tanto aumentan la humedad. Los puntos 1 a 4 sólo son ganancias de calor sensible. Los puntos 5 y 7 son ganancias en parte de calor sensible y en parte de calor latente, y el punto 6 puede entrar en cualquiera de las categorías o en ambas, dependiendo del tipo de equipo. Como se hará notar al estudiar la psicometría (cap. 7), es necesario separar las ganancias de calor sensible y latente, debido a que la selección del equipo de enfriamiento depende de sus valores relativos.

6.4. CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE LA ESTRUCTURA EXTERIOR

Las ganancias de calor por conducción a través de paredes, techo y vidrios que dan al exterior se calculan con la siguiente ecuación:

$$Q = U \times A \times DTCE_e \quad (6.1)$$

donde

Q = ganancia neta del recinto por conducción a través del techo, paredes o vidrio, BTU/h

U = coeficiente general de transferencia de calor para el techo, paredes o vidrios, BTU/h - ft² - °F

A = área del techo, pared o vidrios, ft²

$DTCE_e$ = diferencia de temperatura para carga de enfriamiento, °F

Se calcula la superficie de cada uno de los componentes empleando los planos de construcción. Los valores de U , descritos en el capítulo 3, se encuentran en las tablas 6.1, 6.3, A.7, A.8 o bien se pueden calcular a partir de los valores de R . Si se calculan, nótese que los valores R de la capa de aire pueden ser diferentes en verano que en invierno, debido a que cambian las velocidades del viento.

La DTCE es una diferencia de temperatura que toma en cuenta el efecto de almacenamiento de calor. Las tablas 6.1 y 6.2, presentan una lista de valores DTCE para algunas formas de construcción de paredes y techo. La tabla 6.3 describe las construcciones de las paredes que se emplean en la tabla 6.2.

Los valores de las tablas se basan en una temperatura de diseño interior de 78°F y una temperatura exterior, promedio diario, de 85°F con paredes y techos de colores oscuros, para el 21 de julio, a una latitud de 40°N.

TABLA 6.1 DIFERENCIAS DE TEMPERATURA PARA CARGAS DE ENFRIAMIENTO (DTCE) PARA CALCULAR CARGAS DEBIDAS A TECHOS PLANOS, 1°F

Techo No.	Descripción de la construcción	Hora Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/h Ft ² ·°F	Hora solar, h																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
				Sin cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de metal con aislamiento de 1 o 2 in (8)	7	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3.	Concreto ligero de 4 in	18	0.213 (0.122)	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4.	Concreto pesado de 1 a 2 in con aislamiento de 2 in	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	19	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
6.	Concreto ligero de 6 in	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8.	Concreto ligero de 8 in	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	52	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11.	Sistema de terrazas de techo	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
12.	Concreto pesado de 6 in con aislamiento de 1 o 2 in	75	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	17	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40
				Con cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de acero con aislamiento de 1 o 2 in (10)	9	0.134 (0.092)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	58	51	44	37	30	37	25
3.	Concreto ligero de 4 in	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24	
4.	Concreto pesado de 2 in con aislamiento de 1 in	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29
6.	Concreto ligero de 6 in	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37
8.	Concreto ligero de 8 in	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	53	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37
11.	Sistema de terrazas de techo	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	32
12.	Concreto pesado con aislamiento de 1 a 2 in	77	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	19	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36

Reproducido con permiso del 1985 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory.

Los valores de DTCE que se encuentra en las tablas 6.1 y 6.2 se deben corregir como sigue:

$$DTCE_c = [(DTCE + LM) \times K + (78 - t_R) + (t_0 - 85)] \times f(6.2)$$

siendo

DTCE_c = valor corregido de DTCE, °F.
 DTCE = temperaturas de la tablas 6.1 o 6.2, °F.

LM = corrección para latitud al color y mes, de la tabla 6.4.

K = corrección debido al color de la superficie.
 K = 1.0 para superficies oscuras o áreas industriales.

K = 0.5 para techos de color, claro en zonas rurales.

K = 0.65 para paredes de color claro en zonas rurales.

t_R = temperatura del recinto, °F.

t₀ = temperatura de diseño exterior promedio, °F

TABLA 6.2 DIFERENCIAS DE TEMPERATURA PARA CARGA DE ENFRIAMIENTO (DTCE) PARA CÁLCULO DE CARGA DE PAREDES AL SOL, 1°F

Latitud norte, orientación de pared	Hora solar, h																								Hora de la DTCE máxima	DTCE mínima	DTCE máxima	Diferencia de DTCE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
Paredes grupo A																												
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	24	22	18	24	6
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	23	14	20	6	
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	18	17	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	24	17	25	8	
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7	
Paredes grupo B																												
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	8	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	24	8	15	7	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	20	15	27	12
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	21	23	11	22	11	
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	24	13	28	15	
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	14	30	16	
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	24	11	23	12	
Paredes grupo C																												
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	22	7	17	10	
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	10	10	23	13
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17	
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	9	26	17	
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	20	11	33	22
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	33	33	12	12	35	23
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	26	10	27	17	
Paredes grupo D																												
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	8	10	12	13	15	17	18	19	19	18	21	6	19	13	
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	16	8	33	25	
SE	19	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	17	8	32	24	
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	19	6	29	23	
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	21	21	8	38	30
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	21	9	41	32	
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	22	7	32	25	
Paredes grupo E																												
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	20	3	22	19	
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	16	4	26	22	
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40
W	26	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33
Paredes grupo F																												
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	19	1	24	23	
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41
S	10	8	6	4	3	2	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38	
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	18	2	53	51
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44
Paredes grupo G																												
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	-1	26	27
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	-1	39	40
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	-1	55	56
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	-1	51	52
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	-1	46	47
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55

Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory.*

1. TABLA 6.3. DESCRIPCIÓN DE GRUPOS DE CONSTRUCCIÓN DE PAREDES

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/(h-ft ² -°F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft ² -°F)
Ladrillo de vista de 4 in + (Ladrillo)				
	C Espacio de aire + ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
	D Ladrillo común de 4 in.	90	0.415	18.4
	C Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
	B Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
	B Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
	A Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
Ladrillo de vista de 4 in + (Concreto pesado)				
	C Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
	B Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	97	0.116	19.8
	A Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o más	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
Ladrillo de vista de 4 in + (bloque de concreto ligero o pesado)				
	E Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
	D Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
	D Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
	C Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
	B Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
Ladrillo de vista de 4 in + (azulejo de barro)				
	D Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
	D Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
	C Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
	C Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
	B Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
	A Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
Pared de concreto pesado + (acabado)				
	E Concreto de 4 in.	63	0.585	12.5
	D Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
	C Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
	C Concreto de 8 in	109	0.490	21.9
	B concreto de 8 in + aislamiento de 1 o 2 in	110	0.115-0.187	22.0
	A Aislamiento de 2 in + concreto de 8 in	110	0.115	21.9
	E Concreto de 12 in	156	0.421	31.2
	A Concreto de 12 in + aislamiento	156	0.113	31.3
Bloque de concreto ligero y pesado + (acabado)				
	F Bloque de 4 in + espacio de aire o aislamiento	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2
	E Aislamiento de 2 in + bloque de 4 in	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3
	E Bloque de 8 in	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3
	D Concreto de 8 in + espacio de aire o aislamiento	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3
Azulejo de barro + (acabado)				
	F Azulejo de 4 in	39	0.419	7.8
	F Azulejo de 4 in + espacio de aire	39	0.303	7.8
	E Azulejo de 4 in + aislamiento de 1 in	39	0.175	7.9
	D Aislamiento de 2 in + azulejo de 4 in	40	0.110	7.9
	D Azulejo de 8 in	63	0.296	12.5
	C Azulejo de 8 in + espacio de aire o aislamiento de 1 in	63	0.151-0.231	12.6
	B Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	63	0.099	12.6
Pared de lámina (cortina metálica)				
	G Con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento	5-6	0.091-0.230	0.7
Pared de bastidor				
	G Aislamiento de 1 a 3 in	16	0.081-0.178	3.2

Reproducido con permiso de 1985 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory

TABLA 6.4. CORRECCIÓN DE LA DTCE POR LATITUD Y MES, PARA APLICAR A PAREDES Y TECHOS, LATITUDES NORTE, °F

Latitud	Mes	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	HORA
0	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	-0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	-0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	-1
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
8	Dic	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Ene/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
16	Dic	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Ene/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Abr/Ago	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0
24	Dic	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Ene/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Abr/Ago	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32	Dic	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Ene/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Abr/Ago	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
40	Dic	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	Ene/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	Abr/Ago	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2
48	Dic	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Abr/Ago	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
56	Dic	-7	-9	-12	-16	-16	-14	-9	-5	-3	-28
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-15	-14	-12	-6	-1	2	-27
	Feb/Oct	-6	-8	-10	-12	-10	-7	0	6	9	-22
	Mar/Sept	-5	-6	-7	-8	-5	-2	4	8	12	-15
	Abr/Ago	-3	-4	-4	-4	-1	1	5	7	9	-8
	May/Jul	0	0	0	0	2	2	5	6	7	-2
	Jun	2	1	2	1	3	3	4	5	6	1

Reproducido con permiso del 1979 ASHRAE Load Calculations Manual

f = factor de corrección para ventilación del cielo raso (sólo para el techo).

f = 0.75 para ventiladores de entepiso (techo falso) en los demás casos, usar $f = 1.0$.

Las horas que aparecen en todas las tablas son de hora solar, que es aproximadamente igual a la hora oficial. En los lugares con horario especial en épocas de calor, sumar una hora para obtener la hora oficial.

Se recomienda que $K = 1.0$ en cualquier lugar donde los colores se puedan oscurecerse debido a la contaminación o a otras causas.

EJEMPLO 6.1

Se construye el techo de un edificio en Washington, de 30 ft x 40 ft con concreto pesado de 4 in, con 1 in de aislamiento y con cielo raso suspendido. La temperatura de diseño interior es de 78°F. Calcular la ganancia neta de calor que pasa por el techo la construcción a las 2 PM de tiempo solar del 21 de julio.

Solución. Vemos en la tabla 6.1 que el techo es del tipo No. 9, y que a las 2 PM, la DTCE = 29°F.

La corrección para $LM = 1^\circ\text{F}$ para el mes de julio. Según la tabla 6.4 se usa la columna HORA. Washington D.C. está a 38° latitud N; según la tabla A.6. Se usarán 40°N.

$K = 1.0$ (suponer que el techo es oscuro)

$f = 1.0$ (sin ventilación del cielo raso)

Se calculan las temperaturas medias de diseño exterior para verano como sigue: según la tabla A.9, la temperatura de BS de diseño para verano es de 91°F, y el rango = 18°F. Por lo tanto,

$$t_0 = \frac{91-18}{2} = 83 \text{ }^\circ\text{F}$$

Se calcula la DTCE_e:

$$\begin{aligned} DTCE_e &= ([DTCE + LM]) \times K + [78 - t_R] \\ &\quad + [(t_0 - 85)] \times f \\ &= ([29 + 1] \times 1 + [78 - 78] \\ &\quad + [83 - 85]) \times 1 \\ &= 28^\circ\text{F} \\ U &= 0.13 \text{ (tabla 6.1)} \\ A &= 30 \text{ ft} \times 40 \text{ ft} = 1200 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Se calculan la ganancia de calor por conducción (ecuación 6.1)

$$\begin{aligned} Q &= U \times A \times DTCE_e \\ &= 0.13 \times 1200 \times 28 \\ &= 4370 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

EJEMPLO 6.2

Una pared de mampostería que da cara al sur, en una construcción en Pittsburgh, Pa., tiene un área neta de 2 200 ft². La pared se construye de tabique de vista de 4 in, bloque de concreto de cenizas de 4 in, y tablero de yeso de 3/8 de in en el interior. La temperatura de diseño interior es de 76°F. Calcular la ganancia neta de calor a través de la pared a las 4 PM, tiempo solar del 21 de junio.

Solución. La pared está en el grupo E, en la tabla 6.3. Según la tabla 6.2, la DTCE = 32°F. De la tabla 6.4 $LM = -1^\circ\text{F}$. De la tabla A.6, el rango diario promedio es de 19°F. Por lo tanto, la temperatura exterior de diseño es

$$t_0 = 88 - \frac{19}{2} = 78 \text{ }^\circ\text{F}$$

Empleando la ecuación 6.2,

$$\begin{aligned} DTCE_e &= ([DTCE + LM]) \times K + [78 - t_R] \\ &\quad + [(t_0 - 85)] \\ &= (32 - 1) \times 1 + (78 - 76) \\ &\quad + (78 - 85) \\ &= 26^\circ\text{F} \end{aligned}$$

Según la tabla 6.3, $U = 0.32$. Usando la ecuación 6.1,

$$\begin{aligned} Q &= U \times A \times DTCE_e = 0.32 \times 2200 \times 26 \\ &= 18,300 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

Para quienes estén familiarizados con los métodos anteriores de cálculo de cargas, nótese que la DTCE se usa en lugar de la diferencia total equivalente de temperatura (DTET). La DTET no responde por completo al efecto de almacenamiento de calor.

La tabla 6.5 muestra los valores de la DTCE para vidrio. La DTCE corregida se calcula como sigue:

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_R) + (t_o - 85) \quad (6.3)$$

Estas correcciones tienen el mismo significado para paredes y techos.

Los valores de la tabla 6.5 pueden interpolarse entre las horas enlistadas.

TABLA 6.5 DIFERENCIAS DE CONDUCCIÓN DE CARGA DE ENFRIAMIENTO A TRAVÉS DE UN VIDRIO

Hora	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
CLTD,F	0	-2	-2	0	4	9	13	14	12	8	4	2

Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals*, ASHRAE Handbook Product Directory.

EJEMPLO 6.3

Un recinto tiene 130 ft² de vidriera exterior única sin sombreado interior. La condición de diseño interior es de 78°F y la temperatura diaria promedio exterior es de 88°F. Calcular la ganancia neta de calor por conducción a través del vidrio a las 12 del mediodía, tiempo solar, en verano.

Solución. Según la tabla 6.5, la DTCE = 9°F. Corrigiéndola mediante la ecuación 6.3,

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_R) + (t_o - 85) \\ = 9 + 0 + 3 = 12^\circ\text{F}$$

Según la tabla A.8, $U = 1.04 \text{ BTU/h} - \text{ft}^2 - ^\circ\text{F}$. Empleando la ecuación 6.1,

$$Q = U \times A \times DTCE = 1.04 \times 130 \times 12 \\ = 1620 \text{ BTU/h}$$

6.5. CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE LA ESTRUCTURA INTERIOR

El calor que pasa desde los espacios interiores sin acondicionamiento hasta los espacios acondicionados a través de divisiones, pisos y cielos rasos se puede calcular con la ecuación 3.5

$$Q = U \times A \times DT \quad (3.5)$$

donde

Q = velocidad de transferencia de calor a través de la división, piso o cielo raso, BTU/h

U = coeficiente global de transferencia de calor para la división, piso o cielo raso, BTU/h-ft² - °F

A = área de la división, piso o cielo raso, ft²

DT = diferencia de temperatura entre los espacios sin acondicionar y los acondicionados, °F

Si no se conoce la temperatura del espacio sin acondicionar, se emplea con frecuencia una aproximación que consiste en suponer que está a 5°F menos que la temperatura exterior. Los espacios con fuentes de calor, como los cuartos de calderas, pueden estar a temperaturas mucho mayores.

6.6. RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE VIDRIOS

La energía radiante del sol pasa a través de materiales transparentes como el vidrio y se transforma en ganancia de calor al recinto. Su valor varía con la hora, la orientación, el sombreado y el efecto de almacenamiento. La ganancia neta de calor se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = FGCS \times A \times CS \times FCE \quad (6.4)$$

donde

Q = ganancia neta por radiación solar a través del vidrio, BTU/h

$FGCS$ = factor de ganancia máxima de calor solar, BTU/h - ft²

A = área del vidrio, ft²

CS = coeficiente de sombreado

FCE = factor de carga de enfriamiento para el vidrio

El factor de ganancia máxima de calor solar (FGCS) es la ganancia máxima de calor solar a través de un vidrio sencillo de 1/8 de in en un mes, orientación y latitud dados. En la tabla 6.6 se muestran los valores para el vigésimo primer día de cada mes.

mar en cuenta ganancias de calor con diferentes tipos de ventanas, se introduce el coeficiente de sombreado, CS. Este coeficiente es la cantidad proporcional de ganancia máxima de calor a través de distintos tipos de vidrio sencillo de 1/8 in. La tabla 6.7 muestra algunos valores del CS.

TABLA 6.6 RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉZ DE VIDRIO FACTORES DE GANANCIA MÁXIMA DE CALOR SOLAR PARA VIDRIO. BTU/H - FT², LATITUDES NORTE.

0 Grados										
	NNE/ N	NE/ NNW	ENE/ NW	E/ WNW	ESE/ W	SE/ WSW	SEE/ SW	S	SSW	HOR
En.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288

8 Grados										
	NNE/ N	NE/ NNW	ENE/ NW	E/ WNW	ESE/ W	SE/ WSW	SEE/ SW	S	SSW	HOR
En.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300
Abr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277
Jun.	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269
Jul.	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272
Agos.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282
Sept.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273
Dic.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265

EJEMPLO 6.4

¿Cuál es el factor de ganancia máxima de calor a través de las ventanas del lado suroeste de una construcción, que se ubica en los 32° latitud N en el 21 de septiembre?

Solución. Según la tabla 6.6, el FGCS = 218 BTU/h-ft².

El factor FGCS da los valores de ganancia máxima de calor sólo para el tipo de vidrio que se especifica, y sin dispositivos de sombra. Para to-

16 Grados										
	NNE/ N	NE/ NNW	ENE/ NW	E/ WNW	ESE/ W	SE/ WSW	SEE/ SW	S	SSW	HOR
En.	30	30	55	147	21	244	251	223	199	248
Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Abr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
Jun.	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
Jul.	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Agos.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sept.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dic.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234

24 Grados										
	NNE/ N	NE/ NNW	ENE/ NW	E/ WNW	ESE/ W	SE/ WSW	SEE/ SW	S	SSW	HOR
En.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275
Abr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
Jun.	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279
Jul.	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
Agos.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277
Sept.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
Dic.	26	26	29	1112	180	234	247	247	237	199

EJEMPLO 6.5.

¿Cuál es el valor del CS que se debe aplicar a la ganancia de calor solar para un vidrio sencillo de 1/8 in transparente y persianas venecianas interiores con coloración media?

Solución. Según la tabla 6.7, CS = 0.64

El factor de carga de enfriamiento FCE considera el almacenamiento de una parte de la ganancia de calor solar. Los valores de FCE que se deben aplicar en los cálculos de ganancia de calor

Tabla 6.6 (Continuación)

32 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	24	24	29	105	175	229	249	250	246	176
Feb.	27	27	65	149	205	242	248	232	221	217
Mar.	32	37	107	183	227	237	227	195	176	252
Abr.	36	80	146	200	227	219	187	141	115	271
May	38	111	170	208	220	199	155	99	74	277
Jun.	44	122	176	208	214	189	139	83	60	276
Jul.	40	111	167	20-4	215	194	150	96	72	273
Agos.	37	79	141	195	219	210	181	136	111	265
Sept.	33	35	103	173	215	227	218	189	171	244
Oct.	28	28	63	143	195	234	239	225	215	213
Nov.	24	24	29	103	173	225	245	246	243	175
Dic.	22	22	22	84	162	218	246	252	252	158

40 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	20	20	20	74	154	205	241	252	254	133
Feb.	24	24	50	129	186	234	246	244	241	180
Mar.	29	29	93	169	218	238	236	216	206	223
Abr.	34	71	140	190	224	223	203	170	154	252
May	37	102	165	202	220	208	175	133	113	265
Jun.	48	113	172	205	216	199	161	116	95	267
Jul.	38	102	163	198	216	203	170	129	109	262
Agos.	35	71	135	185	216	214	196	165	149	247
Sept.	30	30	87	160	203	227	226	209	200	215
Oct.	25	25	49	123	180	225	238	236	234	177
Nov.	20	20	20	73	151	201	237	248	250	132
Dic.	18	18	18	60	135	188	232	249	253	113

48 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	15	15	15	53	118	175	216	239	245	85
Feb.	20	20	36	103	168	216	242	249	250	138
Mar.	26	26	80	154	204	234	239	232	228	188
Abr.	31	61	132	180	219	225	215	194	186	226
May	35	97	158	200	218	214	192	163	150	247
Jun.	46	110	165	204	215	206	180	148	134	252
Jul.	37	96	156	196	214	209	187	158	146	244
Agos.	33	61	128	174	211	216	208	188	180	223
Sept.	27	27	72	144	191	223	228	223	220	182
Oct.	21	21	35	96	161	207	233	241	242	136
Nov.	15	15	15	52	115	172	212	234	240	85
Dic.	13	13	13	36	91	156	195	225	233	65

56 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	10	10	10	21	74	126	169	194	205	40
Feb.	16	16	21	71	139	184	223	239	244	91
Mar.	22	22	65	136	185	224	238	241	241	149
Abr.	28	58	123	173	211	223	223	213	210	195
May	36	99	149	195	215	218	206	187	181	222
Jun.	53	111	160	199	213	213	196	174	168	231
Jul.	37	98	147	192	211	214	201	183	177	221
Agos.	30	56	119	165	203	216	215	206	203	193
Sept.	23	23	58	126	171	211	227	230	231	144
Oct.	16	16	20	68	132	176	213	229	234	91
Nov.	10	10	10	21	72	122	165	190	200	40
Dic.	7	7	7	7	47	92	135	159	171	23

solar aparecen en la tabla 6.8. Nótese que hay listas separadas para construcciones ligera (L), mediana (M) y pesada (P). Los valores dependen también de si hay dispositivos interiores de sombreado.

EJEMPLO 6.6

Una pared de un edificio que da al suroeste tiene un área de ventanas de 240 ft². El vidrio es sencillo, de 1/4 de pulgada y transparente, con persianas venecianas interiores de color claro. La edificación es de construcción media y está en los 40° de latitud N. Calcular la ganancia neta de calor a través de las ventanas, debida a la radiación solar en agosto, a las 3 PM, hora solar.

Solución. Se empleará la ecuación 6.4. Consultando en las tablas adecuadas, se seleccionan los términos de la ecuación:

$$\begin{aligned}
 Q &= FGCS \times A \times CS \times FCE \\
 &= 196 \times 240 \times 0.55 \times 0.83 \\
 &= 21\,470 \text{ BTU/h}
 \end{aligned}$$

El área de vidrio es la parte de la construcción que recibe la radiación solar *directa*. Las proyecciones exteriores o los edificios vecinos pueden eliminar la radiación, sombreado todo o parte del vidrio. El efecto de las proyecciones superiores se puede encontrar en la tabla 6.9. Los valores que aparecen allí son los pies de sombra en la pared causados por pie de extensión del saliente.

TABLA 6.7. COEFICIENTES DE SOMBREADO PARA VIDRIO CON O SIN SOMBREADO INTERIOR POR PERSIANAS VENECIANAS ENROLLABLES

	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro ^a	Transmisión solar ^b	Sin sombreado interior		Tipo de sombreado interior				
						Persianas venecianas		Persianas enrollables		
				$h_0 = 4.0$	Medio	Claro	Opacas	Translúcidas		
							Oscuro	Claro	Claro	
VIDRIO SENCILLO	Sencillo	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1.00						
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94						
	Claro	3/8	0.72	0.90	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39	
	Claro	1/2	0.67	0.87						
	Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83						
	Absorbente de calor, con figuras ^c	1/8		0.83						
	Absorbente de calor ^e	3/16 a 1/4	0.46	0.69						
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4		0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36	
	Coloreado	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69						
	Absorbente de calor, o con figuras		0.44-0.30	0.60	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32	
	Absorbente de calor ^e	3/8	0.34	0.60						
	Absorbente de calor, o con figuras	1/2	0.44-0.30	0.53	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31	
	Vidrio recubierto reflector			0.30	0.25	0.23				
			0.40	0.33	0.29					
			0.50	0.42	0.38					
			0.60	0.50	0.44					
VIDRIO AISLANTE	Doble ^d	3/32, 1/8	0.71*	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37	
	Claro afuera									
	Claro adentro	1/4	0.61*	0.81						
	Claro afuera									
	Claro adentro	1/4	0.36*	0.55						
	Absorbente de calor afuera									
	Claro adentro			0.20	0.39	0.36	0.40	0.22	0.30	
	Vidrio recubierto reflector			0.30	0.19	0.18				
				0.40	0.27	0.26				
					0.34	0.33				
Triple	Claro	1/4		0.71						
	Claro	1/8		0.80						
	Claro									

Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory*

EJEMPLO 6.7

Una construcción en los 32° de latitud N tiene una pared que mira hacia el occidente, con una saliente de 4 ft, y una ventana de 5 ft de ancho por 6 de alto, cuya parte superior está 1 ft abajo de la saliente. ¿Qué tanto del vidrio recibe radiación solar directa a las 3 PM?

Solución: Se empleará la tabla 6.9. La figura 6.4 muestra la disposición. La proporción vertical de la sombra, de la tabla 6.9, es 0.97. La distancia vertical total que la sombra extiende hacia abajo es por lo tanto

$$L = 0.97 \times 4 = 3.9 \text{ ft}$$

La altura de la sombra sobre la ventana es $3.9 - 1 = 2.9 \text{ ft}$, y la parte no sombreada es $6 - 2.9 = 3.1 \text{ ft}$. La superficie sin sombra de la ventana es

$$A = 3.1 \times 5 = 15.5 \text{ ft}^2$$

Cuando el vidrio recibe la sombra de algunas obstrucciones exteriores sigue recibiendo algo de radiación solar indirecta desde el cielo. A ésta se le llama radiación *difusa*. La ganancia de calor solar se calcula del mismo modo que cuando el vidrio recibe la radiación solar directa, pero el FGCS, es mucho menor. Los valores que aparecen en las tablas para una orientación hacia el norte, se pueden usar, con exactitud razonable, para vidrios sombreados, cuando las latitudes son mayores que 24°N. Para menores latitudes, consúltese el *ASHRAE Handbook*.

TABLA 6.8. FACTORES DE CARGA DE ENFRÍAMIENTO PARA VIDRIO SIN SOMBREADO INTERIOR (INCLUYE VIDRIO REFLECTOR Y ABSORBENTE DE CALOR)

Latitud norte.	Ventana viendo hacia él	Construcción del recinto	Hora solar, h																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
			N	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.80	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.52	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27	
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.73	0.72	0.70	0.70	0.74	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28	
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	
E	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.51	0.42	0.36	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.45	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.21	0.34	0.45	0.50	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.55	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10	
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.38	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14	
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18	
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17	
W	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14	
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17	
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16	
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.43	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14	
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.53	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16	
	H	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15	
HORA	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.30	0.24	0.19	0.16	0.13	
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.55	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18	
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.27	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	

L = construcción ligera: Pared exterior de bastidores, losa de piso de concreto de 2 in, con aprox. 30 lb de material/ft² de piso.
M = Construcción media: Pared exterior de concreto de 4 in, losa de piso de concreto de 4 in, con aprox. 70 lb de material de construcción por ft² de piso.
H = Construcción pesada: Pared exterior de concreto de 6 in, losa de piso de concreto de 6 in, con aprox. 130 lb de material de construcción por ft² de piso.

TABLA 6.8. (Continuación)

Latitud norte. Ventana Construc- viendo ción del hacia él recinto		Hora solar, h																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.70	0.65	0.65	0.74	0.81	0.87	0.91	0.91	0.88	0.84	0.77	0.80	0.92	0.27	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08
	M	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.09
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.09	0.75	0.67	0.66	0.74	0.80	0.86	0.89	0.88	0.85	0.80	0.73	0.76	0.88	0.23	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10
NE	L	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.55	0.76	0.75	0.60	0.39	0.31	0.28	0.27	0.25	0.23	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
	M	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
	H	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.57	0.77	0.74	0.58	0.36	0.28	0.26	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
E	L	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.45	0.71	0.80	0.77	0.64	0.43	0.29	0.25	0.23	0.20	0.17	0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
	M	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
	H	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.48	0.72	0.80	0.75	0.61	0.40	0.25	0.22	0.21	0.19	0.16	0.14	0.10	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
SE	L	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.29	0.56	0.74	0.82	0.81	0.70	0.52	0.35	0.30	0.26	0.22	0.18	0.13	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
	M	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.56	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
	H	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.31	0.57	0.74	0.81	0.79	0.67	0.48	0.31	0.27	0.23	0.20	0.17	0.13	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05
S	L	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.08	0.15	0.22	0.37	0.58	0.75	0.84	0.82	0.71	0.53	0.37	0.29	0.20	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
	M	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.22	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
	H	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.11	0.17	0.24	0.39	0.59	0.75	0.82	0.79	0.67	0.49	0.33	0.26	0.18	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
SW	L	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.10	0.13	0.16	0.18	0.22	0.38	0.59	0.76	0.84	0.83	0.72	0.48	0.18	0.13	0.11	0.08	0.07	0.06
	M	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.23	0.39	0.59	0.75	0.82	0.80	0.68	0.43	0.14	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
W	L	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.05	0.08	0.11	0.13	0.14	0.15	0.17	0.30	0.53	0.72	0.83	0.83	0.63	0.19	0.14	0.11	0.08	0.07	0.06
	M	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.31	0.54	0.71	0.81	0.80	0.59	0.15	0.11	0.09	0.07	0.06	0.06
NW	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.10	0.13	0.16	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.83	0.71	0.19	0.13	0.10	0.08	0.07	0.05
	M	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.09	0.08	0.07	0.06
	H	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.21	0.22	0.23	0.30	0.52	0.73	0.81	0.67	0.15	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05
HORA	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.10	0.26	0.43	0.59	0.72	0.81	0.87	0.87	0.83	0.74	0.60	0.44	0.27	0.15	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.13	0.29	0.45	0.60	0.72	0.81	0.85	0.84	0.79	0.70	0.56	0.40	0.23	0.13	0.11	0.09	0.08	0.08	0.07

L = Construcción ligera: Pared exterior de bastidores, losa de piso de concreto de 2 in, con aprox. 30 lb de material/ft² de piso.

M = Construcción media: Pared exterior de concreto de 4 in, losa de piso de concreto de 4 in, con aprox. 70 lb de material de construcción por ft² de piso.

H = Construcción pesada: Pared exterior de concreto de 6 in, losa de piso de concreto de 6 in, con aprox. 130 lb de material de construcción por ft² de piso.

Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory*

TABLA 6.9 SOMBREADO POR PROYECCIONES SUPERIORES

Latitud	24°				32°				40°				48°				56°			
	9 am	Medio-día	3 pm	6 pm	9 am	Medio-día	3 pm	6 pm	9 am	Medio-día	3 pm	6 pm	9 am	Medio-día	3 pm	6 pm	9 am	Medio-día	3 pm	6 pm
Orientación N	---	---	---	.58	---	---	---	.63	---	---	---	.83	---	---	---	1.37	---	---	---	1.61
NE	1.89	---	---	---	2.17	---	---	---	2.13	---	---	---	3.03	---	---	---	3.45	---	---	---
E	1.00	---	---	---	.97	---	---	---	.89	---	---	---	.83	---	---	---	.74	---	---	---
SE	.93	4.55	---	---	1.00	3.33	---	---	.86	2.33	---	---	.73	1.67	---	---	.61	1.33	---	---
S	4.35	3.57	4.35	---	2.63	2.38	2.63	---	1.85	1.59	1.85	---	1.33	1.19	1.33	---	1.08	.93	1.08	---
SW	---	4.55	.93	---	---	3.33	1.00	---	---	2.33	.86	---	---	1.67	.73	---	---	1.33	.61	---
W	---	---	1.00	*	---	---	.97	*	---	---	.89	*	---	---	.83	*	---	---	.74	*
NW	---	---	1.89	*	---	---	2.17	*	---	---	2.13	*	---	---	3.03	*	---	---	3.45	*

Reproducido con permiso del 1985 Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory.

NOTAS: Los valores son válidos de abril a septiembre

*El sombreado no es efectivo

— Completamente sombreado

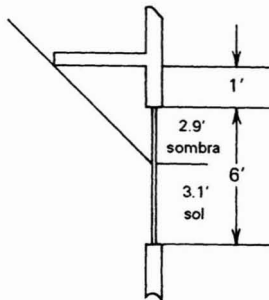


Figura 6.4. Esquema para el ejemplo 6.7.

EJEMPLO 6.8

Un recinto con una pared que da hacia el este en una latitud 40°N tiene un área total de ventanas de vidrio de 80 ft². La edificación es de construcción pesada. El vidrio tiene 1/4 de in de vidrio sencillo absorbente del calor sin dispositivo interior de sombreado. A las 10 AM en junio, una construcción adyacente proyecta sombra a 30 ft² de la ventana. ¿Cuál es la ganancia de calor solar a través de la ventana a esa hora?

Solución. Se empleará la ecuación 6.4. Las partes externas con sombra y sin sombra de la ventana se deben manejar por separado, debido a que reciben diferente radiación. Para la parte que recibe radiación directa,

$$Q = 216 \times 5 \times 0.69 \times 0.49 = 3\ 650 \text{ BTU/h}$$

Para la parte que sólo recibe radiación difusa, se emplea el FGCS para una orientación hacia el norte.

$$Q = 48 \times 30 \times 0.69 \times 0.49 = 490 \text{ BTU/h}$$

la ganancia total de calor solar a través de la ventana es

$$Q = 3\ 650 + 490 = 4\ 140 \text{ BTU/h}$$

6.7. CONDICIONES DE DISEÑO

Los cálculos de carga de enfriamiento se basan en general sobre las *condiciones de diseño*, interiores y exteriores, de temperatura y humedad. Las condiciones interiores son las que dan confort suficiente. La tabla 1.1 es una lista de algunos valores sugeridos. Las condiciones de diseño exteriores, en verano, se basan en máximos razonables, a partir

de registros de clima. La tabla A.6 muestra las condiciones para algunas ciudades. Estos valores igualarán o rebasarán, normalmente, el 2.5% de las horas en el verano. La temperatura de bulbo seco (BS) y la coincidente de bulbo húmedo (BH) que se presentan al mismo tiempo aparecen en la lista y se deben emplear como los valores correspondientes de diseño. La temperatura de BH lista da por separado no se presenta en general al mismo tiempo que la de BS, y por lo tanto no se debe emplear en cálculos de carga. Los datos anteriores de las tablas de clima mostraban este valor, que si se usara, ocasionaría una carga demasiado grande de diseño. El valor de BH se necesita, sin embargo, por separado para seleccionar una torre de enfriamiento o para aplicaciones especiales. En el capítulo 7 damos las definiciones de BS y BH.

Los valores 2.5% darán un equilibrio razonable entre el confort y el costo para la mayor parte de las aplicaciones. Para otras necesidades, se listan los valores del 1 y el 5% en las tablas del manual de la ASHRAE.

También, la tabla da una lista de latitudes y rangos promedio de temperaturas diarias de BS.

Se pueden considerar a los meses de junio a septiembre(*) como aquellos para los que se toman las temperaturas de diseño exterior en el hemisferio norte. A veces, las cargas máximas de enfriamiento se presentan en otros meses, debido a la radiación solar, y por lo tanto es necesario conocer las condiciones esperadas de diseño en esas ocasiones. La tabla 6.10 da una lista de los valores adecuados.

6.8. ALUMBRADO

La ecuación para calcular la ganancia de calor debida al alumbrado es

$$Q = 3.4 \times W \times FB \times FCE \quad (6.5)$$

*N. del T.: En países como México, se pueden presentar ondas cálidas entre los meses de abril y octubre, e inclusive en los meses de invierno. Es necesario consultar las tablas de datos climatológicos del país.

donde

- Q = ganancia neta de calor debida al alumbrado, BTU/h
- W = capacidad del alumbrado, watts
- FB = factor de balastro
- FCE = factor de carga de enfriamiento para el alumbrado

El término W es la capacidad nominal de las luces en uso, expresada en watts. En muchas aplicaciones todo el alumbrado está encendido siempre, pero si no lo está, se debe emplear la cantidad real. El valor 3.4 es para convertir watts a BTU/h.

El factor FB toma en cuenta las pérdidas de calor en la balastro de las unidades fluorescentes, u otras pérdidas especiales. Un valor típico de FB es 1.25 para el alumbrado fluorescente, pero se debe verificar si hay dudas. Para el alumbrado incandescente no hay pérdidas adicionales y el $FB = 1.0$.

El factor FCE toma en cuenta el almacenamiento de parte de la ganancia de calor por alumbrado. El efecto de almacenamiento depende de cuánto tiempo está encendido el alumbrado y trabaja el sistema de enfriamiento, así como de la construcción del edificio, el tipo de unidades de alumbrado, y la cantidad de ventilación.

Para cualquiera de las siguientes condiciones no se puede permitir efecto de almacenamiento:

1. Si el sistema de enfriamiento sólo trabaja durante las horas de ocupación.
2. Si el sistema de enfriamiento trabaja más de 16 h.
3. Si se permite aumentar la temperatura del recinto durante las horas cuando no se ocupa (oscilación de temperatura).

Esas condiciones cubren tantos casos posibles que el autor cree que los efectos de almacenamiento de calor para el alumbrado se deben usar con extrema precaución. Los patrones de uso de la construcción cambian con frecuencia y pueden ser impredecibles. Las técnicas de operación para la conservación de la energía pueden ocasionar tam-

TABLA 6.10. TEMPERATURA DE BULBO SECO Y DE BULBO HÚMEDO RELACIONADO PARA DISEÑO DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Ciudad	LAT g,min.	LONG g,min.	ELEV g,min.	BS de diseño (2.5%)												BH relacionado de diseño (2.5%)											
				En	Feb	Mar	Abr	May	Oct	Nov	Dic	En	Feb	Mar	Abr	May	Oct	Nov	Dic								
Birmingham, Al	33	34	86	45	630	67	72	76	83	91	84	74	68	62	63	64	67	71	69	64	60						
Yuma, Az	32	40	114	36	206	76	82	87	96	99	99	85	75	54	57	58	61	63	66	58	54						
Little Rock, Ar	34	44	92	14	265	68	70	76	83	89	84	74	67	63	61	64	67	72	71	65	61						
Arcata, Ca	40	59	124	6	217	61	60	59	59	62	66	63	59	53	54	53	54	57	58	56	55						
Bishop, Ca	37	22	118	22	4112	60	66	72	81	88	85	72	64	43	45	48	52	57	55	49	45						
Los Angeles, Ca	33	56	118	23	122	72	71	72	74	74	80	79	74	54	55	55	61	61	63	56	53						
San Diego, Ca	32	44	117	10	37	69	69	70	73	72	79	74	71	53	56	56	60	60	64	55	54						
Colorado Springs	38	49	104	42	6170	56	61	63	73	79	77	64	59	39	43	43	47	52	50	44	40						
Wilmington, De	39	40	75	36	78	50	55	63	78	84	78	65	55	48	52	54	64	70	69	60	51						
Jacksonville, Fl	30	25	81	39	24	75	80	83	86	93	86	81	75	66	68	68	69	73	74	69	67						
Augusta, Ga	33	32	81	58	182	70	73	78	85	91	84	77	71	62	63	66	68	73	71	65	63						
Boise, Id	43	34	116	13	2857	51	53	62	72	83	74	59	48	44	46	49	53	62	55	48	43						
Chicago-OHare, Il	41	59	87	54	667	40	49	58	74	83	78	64	50	45	47	52	63	68	66	56	49						
Fort Wayne, In	41	0	85	12	828	47	52	60	76	82	78	63	53	57	70	53	62	68	63	58	51						
Indianapolis, In	39	44	86	16	793	53	57	64	78	82	79	66	55	52	54	57	64	68	65	59	53						
Des Moines, Ia	41	32	93	39	963	42	49	59	76	84	79	63	52	39	44	49	62	69	64	55	48						
Dodge City, Ks	37	46	99	58	2592	58	64	72	82	89	83	68	59	46	49	51	58	64	60	52	45						
Covington, Ky	39	4	84	40	888	55	61	65	79	84	79	68	58	53	56	55	64	70	64	59	53						
Louisville, Ky	38	11	85	44	488	58	63	69	82	88	81	71	61	56	57	59	66	72	67	61	57						
Lake Charles, La	30	13	93	9	32	72	75	78	84	89	88	79	74	67	68	69	70	75	74	73	68						
New Orleans, La	29	59	90	15	20	74	77	79	84	89	86	79	74	69	70	70	72	74	75	72	69						
Portland, Me	43	39	70	19	61	41	44	49	62	77	69	58	48	33	43	44	53	64	60	55	47						
Battle Creek, Mi	42	18	85	14	939	49	48	64	72	86	77	62	49	50	45	57	59	66	64	55	49						
Minneapolis, Mn	44	53	93	15	838	36	42	52	73	83	76	57	43	34	39	45	58	65	62	52	43						
Jackson, Ms	32	20	90	13	332	70	74	78	84	89	87	77	70	64	65	67	70	73	72	6	63						
Kansas City, Mo	39	7	94	35	750	54	60	69	81	87	83	69	58	49	51	55	65	71	67	57	62						
Sprinfeld, Mo	37	14	93	23	1270	59	62	72	80	84	83	69	59	54	54	59	65	70	66	60	53						
Billings, Mt	45	48	108	32	3583	51	54	62	70	80	77	59	52	41	44	47	52	59	56	47	41						
North Platte, Ne	41	8	100	42	2787	52	58	64	77	83	80	64	54	42	45	49	56	63	57	49	43						
Tonopah, Ne	38	4	117	8	5422	53	58	65	75	81	78	64	55	40	43	45	49	54	52	46	41						
Albuquerque, NM	35	3	106	37	5314	55	63	69	79	87	79	64	56	42	45	47	51	56	55	46	42						
Albany, N.Y.	42	45	73	48	277	43	47	54	73	81	73	60	49	42	45	49	59	67	65	58	46						
Greensboro, NC	36	5	79	57	891	63	64	70	83	87	81	71	63	57	56	59	65	70	68	59	58						
Bismarck, ND	46	46	100	45	1660	41	42	56	70	82	77	53	43	37	39	46	53	62	57	43	38						
Akron-Canton, Oh	40	55	81	26	1236	49	53	60	74	79	75	64	54	48	50	53	63	67	62	57	52						
Toledo, Oh	41	36	83	48	692	44	48	59	76	84	77	64	52	42	46	53	63	69	63	58	51						
Tulsa, Ok	36	11	95	54	674	63	69	75	83	88	86	73	63	57	58	60	66	73	69	61	53						
Medford, Or	42	23	122	52	1329	55	59	66	75	84	78	63	53	48	50	53	58	64	60	52	49						
Portland, Or	45	36	122	36	24	54	57	60	69	79	73	59	54	50	51	51	56	63	59	54	53						
Pittsburgh, Pa	40	30	80	13	1151	49	53	63	78	82	77	64	55	46	50	53	63	68	64	57	51						
Sioux Falls, SD	43	34	96	44	1422	41	45	57	75	84	78	58	47	37	41	48	58	65	60	49	43						
Bristol, Tn	36	30	82	21	1566	59	64	69	81	86	79	70	60	54	55	58	64	70	66	61	54						
Amarillo, Tx	35	14	101	46	3700	63	69	75	84	90	84	70	65	46	50	51	56	61	59	50	47						
Midland, Tx	31	56	102	12	2858	72	74	81	88	94	88	77	71	53	54	55	59	65	63	56	52						
Wichita Falls, Tx	33	59	98	31	1039	66	74	82	88	93	89	76	67	56	58	61	66	71	67	60	54						
Cedar City, Ut	37	42	113	6	5616	53	56	63	73	81	78	63	54	41	44	46	50	55	53	46	42						
Burlington, Vt	44	28	73	9	331	39	40	49	68	79	70	58	46	38	38	44	56	66	61	55	44						
Blackstone, Va	37	4	77	58	438	65	64	71	83	87	82	72	65	59	56	61	67	72	70	61	60						
Roanoke, Va	37	19	79	58	1174	60	63	69	82	87	81	69	62	54	52	56	63	69	66	56	55						
Everett, Wa	47	54	122	17	596	50	54	61	64	72	64	54	53	47	49	49	55	61	58	52	49						
Charleston, WV	38	22	81	36	989	62	64	70	83	86	80	72	64	55	55	56	64	67	66	60	55						
Huntington, WV	38	25	82	27	565	65	65	72	83	87	84	71	63	58	56	60	66	70	69	60	57						
Green Bay, Wi	44	29	88	8	699	36	39	48	70	77	69	58	42	36	39	44	57	65	60	54	41						
Madison, Wi	43	8	89	20	866	38	44	53	73	81	74	61	44	37	42	47	60	68	62	55	43						
Cheyenne, Wy	41	9	104	49	6144	51	56	58	69	76	74	60	54	37	41	41	48	52	50	43	41						

Reproducido con permiso del 1979 Load Calculation Manual

bién una de las condiciones que se citaron antes, aún sin haber sido planeada.

Por los motivos anteriores, las tablas del FCE para el alumbrado no se presentan aquí. Para los casos en que pueden aplicarse, es posible encontrarlos en el *ASHRAE Fundamentals Volume*. En los demás casos, use un valor de FCE = 1.0.

EJEMPLO 6.9

Un recinto tiene unidades de alumbrado de 40W. El sistema de enfriamiento sólo trabaja durante las horas de ocupación. ¿Cuál es la ganancia de calor debida al alumbrado?

Solución. Se supone un valor de FB = 1.25 para el calor de la balastra. Para las condiciones de operación, FCE = 1.0. Empleando la ecuación 6.5,

$$Q = 3.4 \times W \times FB \times FCE \\ = 3.4 \times 320 \times 1.25 \times 1.0 = 1\,360 \text{ BTU/h}$$

6.9. PERSONAS

La ganancia de calor debida a las personas se compone de dos partes: el calor sensible y el calor latente que resulta de la transpiración. Algo del calor sensible se puede absorber por el efecto de almacenamiento de calor, pero no el calor latente. Las ecuaciones para las ganancias de calor sensible y latente originado en las personas son

$$Q_s = q_s \times n \times FCE \quad (6.6)$$

$$Q_l = q_l \times n \quad (6.7)$$

donde

Q_s, Q_l = ganancias de calor sensible y latente

q_s, q_l = ganancias de calor sensible y latente por persona

n = número de personas

FCE = factor de carga de enfriamiento para las personas

La velocidad de ganancia de calor debida a la gente depende de su actividad física. La tabla 6.11 da una lista de valores para algunas actividades típicas. Las velocidades están determinadas para una temperatura de BS de recinto de 78°F. Como se observa, los valores cambian ligeramente para otras temperaturas.

El factor FCE, del efecto de almacenamiento de calor, se aplica a la ganancia de calor debida a las personas. Si el sistema de acondicionamiento de aire se apaga durante la noche, no se debe incluir almacenamiento de calor y el FCE = 1.0. La tabla 6.12 da una lista de valores de ese factor para las personas.

EJEMPLO 6.10

¿Cuál es la ganancia de calor de 240 personas en un cine a 78°F BS?

Solución. Se usarán las ecuaciones 6.6 y 6.7. Como el sistema de acondicionamiento de aire de los cines se apaga durante la noche, no se incluye efecto de almacenamiento para el cálculo de la ganancia de calor sensible.

$$Q_s = 210 \times 240 \times 1.0 = 50\,400 \text{ BTU/h}$$

$$Q_l = 140 \times 240 = 33\,600 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{\text{total}} = 84\,000 \text{ BTU/h}$$

6.10. EQUIPO

La ganancia de calor debida al equipo se puede calcular en ocasiones en forma directa consultando al fabricante o a los datos de placa, tomando en cuenta si su uso es intermitente. Algunos equipos producen tanto calor sensible como latente. En la tabla 6.13 se muestran algunos valores de la producción de calor para aparatos eléctricos típicos. Nótese que cuando se emplean campanas para extraer el aire caliente, la salida de calor al recinto

TABLA 6.11. TASAS DE GANANCIA DE CALOR DEBIDA A LOS OCUPANTES DEL RECINTO ACONDICIONADO^a

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino			calor total ajustado ^b			Calor sensible			Calor latente		
		Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h
Sentado en reposo	Teatro, cine	115	400	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficinas, hoteles, apartamentos	140	480	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50
Sentado, comiendo	Restaurante	150	520	130	170	580 ^c	145	75	255	60	95	325	80
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	185	640	160	150	510	130	75	255	60	75	255	65
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	235	800	200	185	640	160	90	315	80	95	325	80
Trabajo ligero de banco	Fábricas	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
Caminando 3 mph trabajo libro	Fábricas	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
Boliche	Fábricas	350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Baile moderado	Salón de baile	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	585	2000	500	525	1800	450	185	635	160	340	1165	290

^a Nota: Los valores de la tabla se basan en una temperatura de bulbo seco de 78°F. Para 80°F BS, el calor total queda igual, pero el valor del calor sensible se debe disminuir en aproximadamente 8% y los valores del calor latente se deben aumentar proporcionalmente.

^b La ganancia total ajustada de calor se basa en el porcentaje normal de hombres, mujeres y niños en la aplicación que se menciona, bajo la hipótesis de que la ganancia por mujer adulta representa un 85% de la del hombre adulto, y la de un niño el 75%.

^c Calor total ajustado para comer en un restaurant, que incluye 60 BTU/h del alimento por individuo (30 BTU sensibles y 30 BTU latentes).

^d Para el boliche, se considera una persona por pista tirando y las demás sentadas (400 BTU/h) o paradas y caminando lentamente (970 BTU/h).
Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals. ASHRAE Handbook & Product Directory*.

TABLA 6.12. FACTORES DE CALOR SENSIBLE PARA CARGAS DE ENFRIAMIENTO DEBIDO A PERSONAS

Horas totales en el recinto	Horas después de cada entrada al recinto																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21

Reproducido con permiso de *1985 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory*.

TABLA 6.13. GANANCIAS DE CALOR DEBIDAS A APARATOS DOMÉSTICOS, BTU/h

TIPO DE APARATO	ELÉCTRICOS				DE GAS				DE VAPOR			
	Sin campana			Con campana ²	Sin campana			Con campana ²	Sin campana			Con campana ²
	Sensible	Latente	Total	100% Sensible	Sensible	Latente	Total	100% Sensible	Sensible	Latente	Total	100% Sensible
Parrilla o asador de 31 in x 20 in x 18 in					11,700	6,300	18,000	3,600				
Cafetera y calentador de café por quemador	770	230	1,000	340	1,750	750	2,500	500				
por calentador	230	70	300	90								
Cafetera de 3 galones	2,550	850	3,400	1,000	3,500	1,500	5,000	1,000	2,180	1,120	3,300	1,000
de 5 galones	3,850	1,250	5,100	1,600	5,250	2,250	7,500	1,500	3,300	1,700	5,000	1,600
de 8 galones (gemelas)	5,200	1,600	6,800	2,100	7,000	3,000	10,000	2,000	4,350	2,250	6,600	2,100
Freidor de grasa:												
grasa # 15	2,800	6,600	9,400	3,000	7,500	7,500	15,000	3,000				
grasa # 21	4,100	9,600	13,700	4,300								
Calentador de platillos secos por pie cuadrado de parte superior	320	80	400	130	560	140	700	140				
Plancha de freír por pie cuadrado de parte superior	3,000	1,600	4,600	1,500	4,900	2,600	7,500	1,500				
Comal (dos unidades de calentamiento)					5,300	3,600	8,900	2,800				
Estufa de órdenes rápidos (parrillas abiertas) por quemador					3,200	1,800	5,000	1,000				
Mesa de vapor, por pie cuadrado					750	500	1,250	250	500	325	825	260
Testador:												
Continuo												
360 rebanadas por hora	1,960	1,740	3,700	1,200	3,600	2,400	6,000	1,200				
720 rebanadas por hora	2,700	2,400	5,100	1,600	6,000	4,000	10,000	2,000				
Con expulsor de 4 rebanadas	2,230	1,970	4,200	1,300								
Wafflera de 18 in x 20 in x 13 in (2 parrillas)	1,680	1,120	2,800	900								
Secadora de pelo:												
Tipo ventilador	2,300	400	2,700									
Tipo casco	1,870	330	2,200									
Mecheros de laboratorio:												
De Bunsen					1,680	420	2,100					
Cola de pescado					2,800	700	3,500					
De Meeker					3,360	840	4,200					
Anuncios de neón, por pie de tubo	60		60									
Esterilizador	650	1,200	1,850									
Máquinas expendedoras:												
De bebidas calientes			1,200									
De bebidas frías			625									

Reproducido con permiso de 1972 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory.

es menor. Los factores FCE, que no aparecen aquí, se aplican si el sistema funciona las 24 horas.

EJEMPLO 6.11

La Cafetería Mary tiene los siguientes aparatos eléctricos funcionando en una zona con acondicionamiento de aire, sin campanas:

- 1 cafetera precoladora, con un quemador para cada una
- 1 tostador para 4 rebanadas de pan
- 1 waflera

¿Cuál es la ganancia de calor debida a este equipo?

Solución. Empleando la tabla 6.13,

	Sensible	Latente
Percoladora	770 BTU/h	230 BTU/h
Cafetera	230	70
Tostador	2230	1970
Waflera	1680	1120

$$Q_s = 4910 \text{ BTU/h} \quad Q_l = 3390 \text{ BTU/h}$$

$$Q \text{ total} = 8300 \text{ BTU/h}$$

La producción de calor procedente de los motores y el equipo que los impulsa se debe a la conversión de energía eléctrica en calor. La proporción de calor generado que pasa al recinto de acondicionamiento de aire depende de si el motor y la carga impulsada se encuentran ambos en el recinto, o tan sólo uno de ellos. La tabla 6.14 da una lista de producciones de calor para cada caso.

EJEMPLO 6.12

Un hotel de 150 cuartos tiene una unidad de acondicionamiento de aire tipo ventilador y serpentín, que tiene un motor de 1/6 IHP. ¿Cuál es la ganancia de calor en la construcción debida a las unidades?

Solución. Tanto el motor como el ventilador se encuentran en los recintos acondicionados. Según la tabla 6.14, la ganancia de calor es

$$Q = 710 \text{ BTU/h} \times 150 = 106\,500 \text{ BTU/h}$$

TABLA 6.14. PRODUCCIÓN DE CALOR DE EQUIPO MOTORIZADO, BTU/H

Potencia del motor	ubicación del equipo con respecto a la corriente de aire o al espacio acondicionado		
	Motor y máquina dentro	Motor fuera, dentro máquina	Motor dentro, máquina fuera
1/8	580	320	260
1/6	710	430	280
1/4	1,000	640	360
1/3	1,290	850	440
1/2	1,820	1,280	540
3/4	2,680	1,930	750
1	3,220	2,540	880
1-1/2	4,770	3,820	950
2	6,380	5,100	1,280
3	9,460	7,850	1,800
5	15,800	12,800	2,800
7-1/2	22,500	19,100	3,400
10	30,000	25,500	4,500
15	44,500	38,200	6,300
20	58,500	51,000	7,500
25	72,400	63,600	8,800

6.11. INFILTRACIÓN

La infiltración de aire a través de fisuras en las ventanas o puertas ocasiona una ganancia de calor, tanto sensible como latente, en el recinto. Los procedimientos y las ecuaciones para calcular las pérdidas de calor por infiltración se explicaron detalladamente en el capítulo 3. Se usa el mismo procedimiento para calcular las ganancias de calor.

La mayor parte de los sistemas de acondicionamiento de aire en el verano tienen *ventilación mecánica* que emplea algo de aire del exterior, con lo cual se reduce o se elimina la infiltración, porque se crea una presión positiva de aire dentro de la construcción. En este caso, el aire de ventilación no es una carga en el recinto, sino una carga para el equipo central de enfriamiento. Muchas construcciones modernas tienen ventanas selladas, y por lo tanto no tienen pérdidas por infiltración, excepto en las puertas.

6.12. TRANSFERENCIA DE CALOR A LOS ALREDEDORES

Algo de la ganancia del calor sensible al recinto se transfiere a través de la estructura hacia los alrededores, y nunca aparece como parte de la carga del recinto. Esto constituye un efecto aislado de su almacenamiento. Se debe calcular esa pérdida de calor y corregir las ganancias de calor sensible al recinto por conducción, radiación solar, alumbrado, personas y equipo. Las siguientes ecuaciones se emplean para calcular la corrección para la transferencia de calor a los alrededores.

$$F_c = 1 - 0.02K \quad (6.8)$$

$$K = (U_w A_w + U_g A_g) / L \quad (6.9)$$

donde

F_c = Factor para corregir cada ganancia de calor sensible de recinto

K = conductancia de la unidad de longitud, BTU/h - ft - °F

L = longitud de la pared exterior, ft

U_w, U_g = coeficientes de transferencia de calor, w = pared, g = vidrio, BTU/h - ft² - °F
 A_w, A_g = área de la pared o del vidrio, ft²

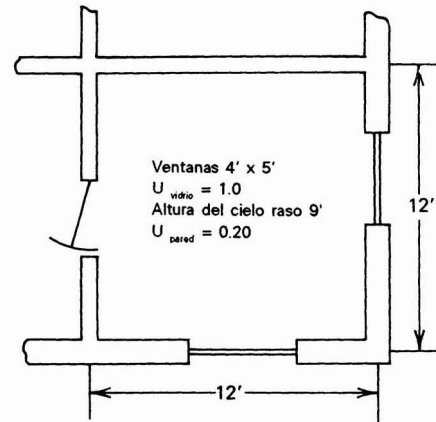


Figura 6.5. Esquema para el ejemplo 6.13.

EJEMPLO 6.13

Para la planta del recinto que se muestra en la figura 6.5, calcular el factor de corrección F_c para la transferencia de calor a los alrededores.

Solución. Se emplearán las ecuaciones 6.8 y 6.9.

$$K = \frac{(U_w A_w + U_g A_g)}{L}$$

$$= \frac{(0.20 \times 176 + 1.0 \times 40)}{24} = 3.13$$

$$F_c = 1 - 0.02K = 1 - 0.02(3.13) = 0.94$$

Las ganancias de calor sensible debidas a conducción, radiación solar, alumbrado, personas y equipo se deben multiplicar por 0.94, cada una de ellas. Esto es, las cargas sufren una reducción del 6%.

6.13. CARGA DE ENFRIAMIENTO DEL RECINTO

Esta *carga de enfriamiento del recinto* es la velocidad a la cual se debe eliminar el calor de él, y es la suma de cada una de las ganancias netas corregidas para el recinto. Se usarán las abreviaturas RSHG, RLHG y RTHG para designar a las ganancias corregidas del recinto, de calor sensible, latente y totales, y entonces la RTHG es la carga de enfriamiento del mismo.

Cuando se calculan las cargas de enfriamiento, se aconseja emplear formas ya preparadas para organizar e informar los datos y resultados. En la figura 6.7 se muestra una hoja de cálculo o formato para carga de enfriamiento comercial.

6.14. CARGAS PICO DE ENFRIAMIENTO

Hemos aprendido a calcular las cargas de enfriamiento, pero no sabemos calcular sus valores máximos. Como los sistemas de acondicionamiento de aire se deben dimensionar para manejar los periodos *pico*, debemos saber cómo calcularlos.

Los componentes de ganancia externa de calor difieren en intensidad según la hora del día y la época del año, debido a que la radiación solar cambia a medida que la orientación del sol varía, y debido a que también lo hace la temperatura exterior. Esto ocasiona un cambio en la ganancia total de calor del recinto. A veces salta a la vista de inmediato, al revisar las tablas, a qué hora del día se tiene la carga máxima, pero con frecuencia se necesitan calcular las cargas de calor a horas distintas. Ofrecemos algunas directrices para simplificar estos cálculos. En las tablas podemos notar lo siguiente:

1. Para ventanas que dan hacia el occidente, las ganancias de calor máximas totales se tienen en la tarde a mediados de verano.
2. Para ventanas que dan hacia el oriente, las ganancias máximas de calor solar se tienen al

principio o a mediados del verano, por la mañana.

3. Para ventanas que dan al sur, la ganancia máxima de calor solar se da en el otoño o invierno, temprano por la tarde.
4. Para ventanas que dan al suroeste, las ganancias máximas de calor solar se presentan en el otoño por la tarde.
5. Para techos, las ganancias máximas de calor se tienen en el verano, durante la tarde o el anochecer.
6. Para paredes, las ganancias máximas de calor se tienen en el verano durante la tarde o el anochecer.

Las generalizaciones anteriores se pueden usar para ubicar las horas aproximadas de las cargas pico de los recintos. Por ejemplo, podríamos esperar que un recinto de cara al sur con una gran superficie de ventana tenga una carga máxima al inicio de la tarde en el otoño, ¡y no en el verano! Sin embargo, si el recinto tuviera una superficie pequeña de ventana, predominarían la conducción por la pared y la ventana y la carga máxima sería en una tarde de verano. Una vez que se ubican el día y la hora adecuados, con unos cuantos cálculos se determinarán los valores exactos de la hora y la carga máxima o pico.

EJEMPLO 6.14

Un recinto que da hacia el oriente en un motel de St. Louis, Mo, Estados Unidos, tiene una ventana de 60 ft² y una superficie de pared de 40 ft². El vidrio es de 1/4 in, sencillo y transparente, con persianas venecianas interiores de color claro. La pared es de metal y tiene un valor de U de 0.14. El tipo de construcción es ligero. Encontrar la hora y el valor de la carga pico de enfriamiento del recinto. El recinto se encuentra a 78°F BS.

Solución. El área de vidrio en el recinto es lo suficientemente grande en comparación con la de la pared como para usarla en la determinación de la hora de carga pico. Según la tabla 6.6, para 40°N de latitud, el SHGF se presenta en abril (224 BTU/h – ft²). Sin embargo, habrá una gran pérdida de calor por conducción tanto a través del vidrio como a través de la pared, durante la mañana, por esa época del año. En agosto, el SHGF = 216, casi tan grande como en abril, por lo cual la ganancia de calor total será máxima en agosto. Consultando las tablas, el FCE para el vidrio es máximo a las 8 AM y el DTCE para la pared es máximo a las 10 AM. Al parecer, las horas de carga máxima son las 8, 9 o 10 AM, para el recinto. Estamos suponiendo que el recinto no se encuentra en el piso superior, porque si éste fuera el caso, la ganancia por el techo afectaría la hora pico.

Procedamos a verificar las posibilidades:

a las 8 AM

$$\begin{aligned} Q \text{ solar, vidrio} &= 216 \times 60 \times 0.55 \times 0.80 = 5700 \\ Q \text{ conducción, vidrio} &= 1.041 \times 60 \times 0 = 0 \\ Q \text{ conducción, pared} &= 0.14 \times 40 \times 47 = 260 \\ \hline \text{Total} &= 5960 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

a las 9 AM

$$\begin{aligned} Q \text{ solar, vidrio} &= 216 \times 60 \times 0.55 \times 0.77 = 5490 \\ Q \text{ conducción, vidrio} &= 1.04 \times 60 \times 2 = 120 \\ Q \text{ conducción, pared} &= 0.14 \times 40 \times 54 = 300 \\ \hline \text{Total} &= 5910 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

a las 10 AM

$$\begin{aligned} Q \text{ solar, vidrio} &= 216 \times 60 \times 0.55 \times 0.64 = 4560 \\ Q \text{ conducción, vidrio} &= 1.04 \times 60 \times 4 = 250 \\ Q \text{ conducción, pared} &= 0.14 \times 40 \times 55 = 310 \\ \hline \text{Total} &= 5120 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

La carga máxima para este recinto es a las 8 AM en agosto. Aun cuando la ganancia de calor por conducción a través de pared y vidrios aumenta después en la mañana, la ganancia solar es lo suficientemente grande para predominar. Por otro

lado, si la ventana fuera pequeña, la hora pico sería más tarde.

Otro punto que amerita comentarios en este lugar es la posibilidad de carga pico en abril, que se mencionó antes. Pero la temperatura exterior temprano por la mañana en abril ocasionaría una gran pérdida de calor por conducción del recinto, y la ganancia neta sería menor probablemente. Sin embargo, si hay dudas, se debe proceder al cálculo.

Cada construcción se debe analizar de modo semejante para determinar la hora de cargas pico del recinto con el fin de calcular la carga correspondiente de enfriamiento.

6.15. CARGA PICO EN LA CONSTRUCCIÓN

Se usa el valor de cada una de las cargas pico del recinto para calcular la velocidad de enfriamiento de diseño para el mismo. Sin embargo, si se sumaran estas ganancias máximas de calor de cada recinto, el total sería mayor que la carga máxima de enfriamiento necesaria para la construcción completa, porque no se presentan al mismo tiempo. Por lo tanto, el diseñador debe determinar también la época del año y la hora del día a las cuales la carga de enfriamiento de la construcción es pico, para proceder a su cálculo. Se usa una deducción y procedimiento semejantes a los que se emplearon para encontrar las cargas pico de los recintos. De acuerdo con nuestra descripción anterior y por el estudio de las tablas, surgen las siguientes directrices:

1. Para edificaciones de planta aproximadamente cuadrada con construcción semejante en las cuatro paredes, la carga máxima se da en general en las últimas horas de la tarde durante el verano. Eso se debe a que es cuando la temperatura exterior es máxima, y no hay influencia especial de la radiación solar sobre un lado de la construcción.
2. Para construcciones con un lado largo expuesto hacia el sur o suroeste, que tienen grandes áreas de ventana, la carga pico se dará en el otoño, por el medio día, porque es entonces

cuando la radiación es mayor. Este caso necesita de análisis cuidadoso.

3. Para construcciones de un piso con áreas de techo muy grandes la carga pico se presenta en general por las tardes durante el verano.

Las sugerencias anteriores se deben verificar en cada caso, debido a la gran variedad en las orientaciones y tipos de construcción de las edificaciones. Una vez que se determina la hora de la carga pico, se pueden calcular las ganancias totales de la construcción.

6.16. CARGA DE ENFRIAMIENTO O DE REFRIGERACIÓN

Una vez que se han calculado las ganancias máximas de calor sensible y latente, el siguiente paso es calcular la carga de refrigeración, a la cual se le llama también carga de enfriamiento. Es la carga a la que se somete el equipo de enfriamiento. La carga de refrigeración será mayor que la carga de la construcción porque hay ganancias de calor que pasan al sistema de acondicionamiento de aire desde el exterior. Esas ganancias pueden provenir de:

1. Ventilación, aire exterior
2. Ganancias de calor a ductos
3. Calor producido por los ventiladores y bombas del sistema de acondicionamiento de aire.
4. Fugas de aire de los ductos

6.17. VENTILACIÓN

En general se admite algo de aire exterior por razones sanitarias y de confort. El calor sensible y el latente de este aire es mayor que el del aire del recinto, por lo cual se vuelve parte de la carga de enfriamiento. Sin embargo, el exceso de calor se elimina en general en el equipo de enfriamiento, y por lo tanto es parte de la carga de refrigeración, pero no de la carga del recinto.

Las ecuaciones para calcular las cargas de enfriamiento sensible y latente debidas al aire de ventilación, que se explican en los capítulos 3 y 7, son.

$$Q_s = 1.1 \times \text{CFM} \times \text{CT} \quad (3.7)$$

$$Q_l = 0.68 \times \text{CFM} \times (W_e' - W_i') \quad (3.8)$$

donde

- Q_s, Q_l = cargas de calor sensible y latente debidas al aire de ventilación, BTU/h
- CFM = flujo de aire de ventilación, ft³/min
- CT = cambio de temperatura entre el aire exterior e interior, °F.
- W_e', W_i' = Relación de humedad exterior e interior, g de agua/lb aire seco

El calor Q_t total retirado del aire de ventilación es $Q_t = Q_s + Q_l$.

En la tabla 6.15 se presentan tasas sugeridas de ventilación con aire exterior, y niveles típicos de ocupación para algunas aplicaciones. Nótese que hay valores mínimos y recomendados. Los mínimos se usan cuando el costo es de primera importancia, y los recomendados cuando se necesita una mejor calidad de aire.

EJEMPLO 6.15

El estadio Domo Estelar cerrado tiene 40 000 asientos. Las condiciones de diseño del recinto son 80°F y 50% HR. Las condiciones de diseño exteriores son 94°F y 74°F BH. ¿Cuál es la carga de refrigeración debida a la ventilación?

Solución. Se usarán las ecuaciones 3.7 y 3.8. Se usarán niveles relativamente bajos de ventilación porque el costo es esencial y el tiempo de ocupación es corto. La tabla 6.15 indica que se usan de 10 a 20 CFM por persona para auditorios donde se fuma. Seleccionaremos el nivel mínimo, 10 CFM por persona.

$$Q_s = 1.1 \times \text{CFM} \times \text{CT}$$

$$= 1.1 \times 10 \times 40,000 \times 14$$

$$= 6\,160\,000 \text{ BTU/h}$$

TABLA 6.15. REQUISITOS DE VENTILACIÓN PARA OCUPANTES

	Personas estimadas por 100 ft ² de área de piso	Aire de ventilación necesario por persona	
		FCM Mínimos	FCM Recomendados
RESIDENCIAL			
Viviendas de una unidad			
Salas y recámaras	5	5	7-10
Cocinas, baños	—	20	30-50
Viviendas de unidades múltiples			
Salas y recámaras	7	5	7-10
Cocinas, baños	—	20	30-50
COMERCIAL			
Sanitarios públicos	100	15	20-25
Comercios			
Pisos de venta (sótanos y plantas bajas)	30	7	10-15
Pisos de venta (pisos superiores)	20	7	10-15
Comedores	70	10	15-20
Cocinas	20	30	35
Cafeterías	100	30	35
Hoteles, moteles			
Recámaras	5	7	10-15
Salas	20	10	15-20
Baños	—	20	30-50
Salas de belleza	50	25	30-35
Peluquerías	25	7	10-15
Estacionamientos	—	1.5	2-3
Teatros			
Vestíbulos	150	20	25-30
Auditorios (no se fuma)	150	5	5-10
Auditorios (permitido fumar)	150	10	10-20
Boliches, zona de asientos	70	15	20-25
Gimnasios y arenas			
Pisos de ejercicios	70	20	25-30
Vestidores	20	30	40-50
Áreas de público	150	20	25-30
Piscinas	25	15	20-25
Oficinas			
Espacio de oficinas en general	10	15	15-25
Salas de juntas	60	25	30-40
INSTITUCIONAL			
Escuelas			
Salones de clase	50	10	10-15
Auditorios	150	5	5-7.5
Gimnasios	70	20	25-30
Bibliotecas	20	7	10-12
Vestidores	20	30	40-50
Hospitales			
Recámaras sencillas y dobles	15	10	15-20
Guarderías	20	10	15-20
Salas de cirugía, salas de parto	—	20	—

TABLA 6.16. DISMINUCIÓN DE LA TEMPERATURA DE DISEÑO MÁXIMA EXTERIOR, °F.

Rango diario, °F	hora																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
10	9	9	10	10	10	10	9	8	7	6	4	2	1	0	0	0	1	2	3	5	6	7	8	8
15	13	14	14	15	15	15	14	13	11	8	6	3	2	0	0	0	2	3	5	7	9	10	11	12
20	17	18	19	20	20	20	19	17	14	11	8	5	2	1	0	1	2	4	7	9	12	14	15	16
25	22	23	24	25	25	25	23	21	18	14	10	6	3	1	0	1	3	5	9	12	15	17	19	21
30	26	28	29	30	30	30	28	25	21	17	12	7	3	1	0	1	3	6	10	14	17	20	23	25
35	30	33	34	35	35	35	33	29	25	20	14	8	4	1	0	1	4	7	12	16	20	24	27	29

Reproducido con permiso del 1979 ASHRAE Load Calculation Manual

Las relaciones de humedad para las condiciones interiores y exteriores son 77.0 y 95.0 g agua/lb a. s. (véase cap. 7).

$$\begin{aligned}
 Q_i &= 0.68 \times \text{CFM} \times (W_e' - W_i') \\
 &= 0.68 \times 10 \times 40\,000 \times (95.0 - 77.0) \\
 &= 4\,900\,000 \text{ BTU/h} \\
 Q_i &= 6\,160\,000 + 4\,900\,000 \\
 &= 11\,060\,000 \text{ BTU/h} \times \frac{1 \text{ ton}}{12\,000 \text{ BTU/h}} = 922 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Si la carga pico no se presenta a la hora en la que la temperatura exterior es máxima, se debe hacer una corrección a la temperatura exterior que se emplea en los cálculos de la ventilación e infiltración. La tabla 6.16 presenta una lista de esta corrección.

6.18. GANANCIA DE CALOR EN DUCTOS

El aire acondicionado que pasa por ductos gana calor de los alrededores. Si el ducto pasa a través de espacios acondicionados, la ganancia de calor ocasiona un efecto útil de enfriamiento, pero para los ductos que pasan por lugares no acondicionados representa una pérdida de calor sensible que se debe sumar a la RSHG. La ganancia de calor se puede calcular con la ecuación 3.5, de transferencia de calor

$$Q = U \times A \times DT \tag{3.5}$$

donde

- Q = ganancia de calor del ducto, BTU/h
- U = coeficiente general de transferencia de calor, BTU/h
- A = superficie del ducto, ft²
- DT = Diferencia de temperatura entre el aire en el ducto y los alrededores, °F

Se recomienda que los ductos de aire frío que pasan por zonas sin acondicionamiento se aislen al menos hasta llegar a un valor general de R-4 (U = 0.25).

EJEMPLO 6.16

Un ducto cuya sección es 36 in x 12 in y su longitud es 50 ft lleva aire a 60°F y pasa por un espacio que se encuentra a 90°F. El ducto está aislado y su coeficiente global U = 0.25. ¿Cuál es la ganancia de calor al aire del ducto?

Solución. El área de la superficie del ducto es

$$\begin{aligned}
 A &= \left(2 \times 36 \text{ in} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} + 2 \times 12 \text{ in} \right. \\
 &\quad \left. \times \frac{\text{ft}}{12 \text{ in}} \right) \times 50 \text{ ft} = 400 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Empleando la ecuación 3.5,

$$\begin{aligned}
 Q &= U \times A \times DT = 0.25 \times 400 \times (90 - 60) \\
 &= 3000 \text{ BTU/h}
 \end{aligned}$$

Si hay ganancia apreciable en los ductos de retorno de aire se debe calcular también, pero sólo se suma a la carga de refrigeración, y no a las RSHG.

Aunque la ganancia de calor a los ductos de suministro en los recintos acondicionados no se desperdicia, se debe tener cuidado para que no afecte la distribución del enfriamiento. Si hay un tramo largo de ducto con varias salidas, las ganancias de calor en las primeras secciones de ducto podrían ser suficientes para que la temperatura del aire en las últimas sea demasiada alta. En este caso, podría ser útil aislar el ducto, aun cuando se encuentre en la zona acondicionada (véase cap. 10)

Para construcciones residenciales y comerciales pequeñas, se puede emplear la tabla 3.6 para estimar las ganancias de calor a ductos.

6.19. CALOR DESPRENDIDO EN VENTILADORES Y BOMBAS

Algo de la energía de los ventiladores y bombas del sistema se convierte en calor debido a la fricción y otros efectos, y viene a ser parte de la ganancia de calor que debe sumarse a la carga de refrigeración. Para un ventilador dispuesto para succionar con una corriente descendente desde el serpentín de enfriamiento, se suma el calor a la RSHG, mientras que para uno dispuesto para insuflar, con una corriente ascendente desde el serpentín, el calor sólo se suma a la carga de refrigeración. Se puede tomar en cuenta aproximadamente el calor del ventilador como sigue:

Para presión de 1 in de agua sumar 2.5% a la RSHG

Para presión de 2 in de agua sumar 5% a la RSHG

Para presión de 4 in de agua sumar 10% a la RSHG

El calor de la bomba de agua helada en los sistemas pequeños es poco en general y puede ignorarse, pero para los sistemas grandes puede ser de 1 a 2% del calor sensible y se debe sumar a la carga de refrigeración.

6.20. FUGAS DE AIRE EN DUCTOS

Los sistemas de ductería dejan escapar aire en las uniones. Desafortunadamente, muchos sistemas tienen pérdidas demasiado grandes debidas a instalaciones defectuosas. Sin embargo, con un trabajo cuidadoso se deben limitar las fugas de aire al 5% de los CFM totales. Si los ductos están fuera del espacio acondicionado, el efecto de las fugas se debe sumar a la RSHG y la RTHG del sistema. Si el aire escapa hacia el recinto acondicionado, entonces efectúa un trabajo útil de enfriamiento, pero se debe tener cuidado para que no se difunda hacia lugares equivocados.

6.21. OSCILACIONES DE TEMPERATURA

Los cálculos de carga de enfriamiento que se describieron aquí se basan en mantener una temperatura constante en un recinto. Si se permite que la temperatura del recinto aumente más que el punto de ajuste del termostato, la llamada *oscilación de temperatura* puede reducir todavía más la carga de enfriamiento. El cálculo de este efecto requiere de un análisis horario detallado de las cargas, que no se describirá aquí. Para esto es útil el empleo de computadoras. Como las temperaturas de recinto se elevan para conservar energía, el autor no recomienda hacer correcciones por oscilación de temperatura, excepto en casos especiales.

Para proyectos muy grandes, el diseñador puede también, con frecuencia, reducir la carga pico calculada tomando en cuenta la *diversidad*. Esto se refiere al hecho de que las ganancias de calor debidas a las personas y al alumbrado pueden variar con la hora. En una construcción grande, o grupo de construcciones, de escuela, por ejemplo, a ciertas horas los estudiantes cambian de salones de clase a un auditorio grande. Sería incorrecto suponer que se usan los salones y el auditorio al mismo tiempo al calcular la carga de refrigeración. **Los factores de diversidad típicos varían de 0.70 a 0.90 para personas y alumbrado en construcciones grandes. Se debe analizar cada caso en forma individual.**

6.22. CONDICIONES DEL AIRE DE SUMINISTRO

Después de haber calculado las ganancias de calor sensible y latente, se determinan las condiciones necesarias del aire de suministro: flujo, temperatura y humedad, necesarias para satisfacer las condiciones del recinto. Este tema se describe en el capítulo 7.

6.23. RESUMEN DE PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO DE CARGAS DE ENFRIAMIENTO COMERCIALES

Los pasos para calcular las cargas comerciales de enfriamiento pueden resumirse como sigue:

1. Seleccionar las condiciones de diseño interiores y exteriores, de las tablas 1.1 y A.9.
2. Emplear los planos de ingeniería para medir las dimensiones de todas las superficies a través de las cuales haya ganancias de calor externo, para cada recinto.
3. Calcular las áreas de las superficies anteriores.
4. Seleccionar los valores del coeficiente de transferencia de calor U para cada elemento, de las tablas A.7 o A.8, o calcularlo de los valores R individuales.
5. Determinar la hora del día y el mes para la carga pico en cada recinto calculando las ganancias externas de calor en las horas en las cuales se espera que sean máximas. Buscar en las tablas 6.1, 6.2 y 6.6 para encontrar los valores máximos. Con frecuencia se necesitarán cálculos para horas diferentes, pero pueden ser útiles las sugerencias de la sección 6.14.
6. Calcular cada RSHG y RLHG máxima de recinto, con los valores de las ganancias externas de calor que se calcularon antes, y calculando y sumando las ganancias internas debidas a personas, alumbrado y equipo. El ingeniero o el propietario proporcionará los datos necesarios para los cálculos. Si hay infiltración, se debe sumar a la carga del recinto.
7. Determinar la hora de la carga máxima de la construcción, con un proceso semejante de búsqueda al descrito en el punto 5, y las sugerencias de la sección 6.15.
8. Calcular la RSHG y RLHG de una construcción en la hora pico, sumando todas las ganancias externas e internas, y la infiltración, si la hay. Sumar la ganancia de calor en ductos de suministros, sección 6.18, las fugas de calor en ductos, sección 6.19, y la ganancia de calor en el ventilador insuflador, sección 6.19, si es significativa. Corregir por transferencia de calor a los alrededores, sección 6.12, y por diversidad, sección 6.20.
9. Calcular la carga de refrigeración sumando la carga de ventilación a las ganancias de calor de la construcción. Sumar las ganancias de calor en el ventilador insuflador, el ventilador de aire de retorno, y en la bomba, si son significativas.
10. Calcular las condiciones necesarias del aire de suministro (cap. 7).

El ejemplo 6.17 mostrará los procedimientos. Los datos y los resultados se tabulan en una hoja o forma de Cálculo de Cargas de Enfriamiento Comercial (fig. 6.6), la cual se debe estudiar con cuidado considerando las explicaciones del ejemplo.

EJEMPLO 6.17

El Supermercado Supremo, cuyo plano se ve en la figura 6.7, se ubica en Indianápolis, Ind. Es una construcción de un piso con un sótano destinado al almacenamiento. La construcción y las condiciones son las siguientes:

El techo es de concreto liviano de 4 in, con aislamiento R-5,
 Tablero de yeso en el cielo raso $U = 0.09$ BTU/h-ft²-°F.
 El piso es de losa de concreto de 4 in, $U = 0.35$
 Las paredes tienen 4 in de ladrillo de vista, 4 in de ladrillo común, aislamiento R-4, tableros de enyesado de 1/2 in, con $U = 0.13$
 La ventana delantera es de vidrio sencillo absorbente de calor de 1/4 in, de 10 ft de alto.
 Las puertas son de vidrio sencillo de 1/4 in, transparente.
 Las puertas del recibidor es de acero hueco, con aislamiento.
 La capacidad es para 60 personas.
 El alumbrado es de 3 watts por ft² de superficie de piso, con unidades fluorescentes.
 La cantidad de aire exterior para ventilación es 10 CFM por persona.
 La tienda abre de 10 AM a 8 PM (de 9 AM a 7 PM hora oficial)

Calcular la carga necesaria de enfriamiento.

Solución. Se seguirán los procedimientos que se describieron anteriormente, sección 6.23.

1. Las condiciones interiores y exteriores de diseño son 78°F BS, 50% HR y 90°F BS con 74°F BH. La latitud es 39°N. La variación diaria de temperatura es de 22°F. Las relaciones interiores y exterior de humedad son 72 y 101 g agua/lb.
2. En el plano se indican las dimensiones.
3. Las áreas se calculan y se anotan en la hoja de cálculo.
4. Los valores U obtenidos de las tablas aparecen en las formas.
- 5-7. La construcción sólo tiene un recinto. El tipo de construcción y la orientación indica que el techo y la ventana al occidente determinarán la hora pico de carga. La carga pico por los vidrios se presenta en julio y agosto, y por lo tanto cualquiera de ellos será el mes pico. El FCE pico para el vidrio es a las 5 PM. La DT pico para el techo es a las 4 PM. Se calcularán las cargas del techo y la ventana para determinar el pico. La construcción es peso mediano M .

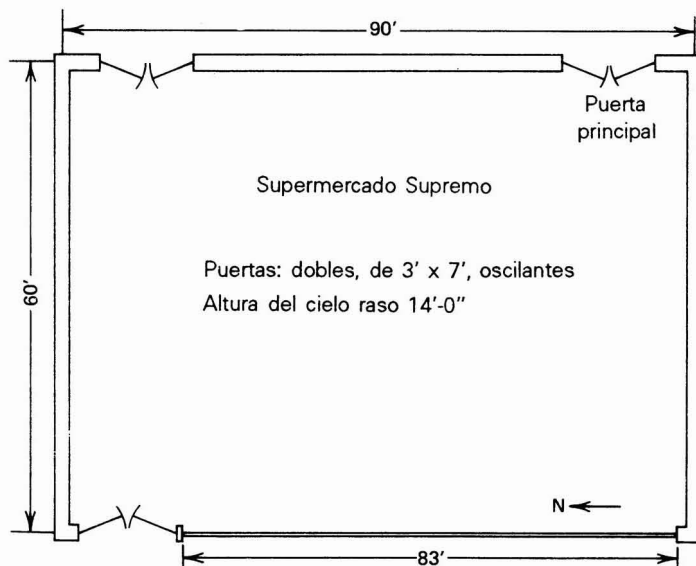


Figura 6.7. Esquema para el ejemplo 6.17.

A las 4 PM

$$\text{Temperatura exterior promedio} = 90 - 22/2 = 79^\circ\text{F}$$

$$\text{DTCE}_c = 73 + 1 + (79 - 85) = 68^\circ\text{F}$$

$$Q_{\text{techo}} = 0.09 \times 5400 \times 68 = 33\,050 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{\text{solar ventana}} = 216 \times 830$$

$$\times 0.69 \times 0.50 = 61\,850 \text{ BTU/h}$$

$$\text{Suma} = 94\,900 \text{ BTU/h}$$

A las 5 PM

$$Q_{\text{techo}} = 0.09 \times 5400 \times 66 = 32\,080 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{\text{solar ventana}} = 216 \times 830$$

$$\times 0.69 \times 0.56 = 69\,270 \text{ BTU/h}$$

$$\text{Suma} = 101\,350 \text{ BTU/h}$$

La hora de carga pico es a las 5 AM. No ha disminuido apreciablemente la conducción a través del vidrio (tabla 6.5), y por lo tanto no afecta los resultados. Además, las cargas de las paredes serán mayores a las 5 PM que a las 4 PM.

8. Las partidas de ganancias de calor individual se calculan y se registran en la hoja de cálculo, estudiando el debe comprobar que obtiene los mismos valores de las tablas adecuadas. Se supone que el sótano está a la temperatura exterior. Las paredes están en el grupo B.

No se toma en cuenta el efecto de almacenamiento para personas y alumbrado porque el sistema se desactiva al cerrar la tienda y no trabaja hasta poco antes de abrir.

No se incluye infiltración. Se supone que el aire de ventilación evita cualquier infiltración apreciable, porque las puertas no se usan con frecuencia.

El ducto de suministro está expuesto en el almacén, por lo tanto la ganancia de calor y las fugas son de enfriamiento útil y no se suman a la carga.

El efecto de la transferencia de calor a los alrededores se calcula con las ecuaciones 6.8 y 6.9. La diversidad no se considera.

$$L = 300 \text{ ft}$$

$$K = \frac{(U_w A_w + U_g A_g)}{L}$$

$$= \frac{(0.13 \times 3244 + 1.04 \times 914)}{300} = 4.58$$

$$F = 1 - 0.02K = 0.91$$

9. Las cargas de ventilación se calculan y se muestran las hojas de cálculo. La ganancia en el ventilador de retorno de aire es despreciable y no hay bomba. Se usará un ventilador insuflador, y se supone que la ganancia allí es del 2.5%. La carga de refrigeración es la suma de todas las cargas.

10. Se supone que el aire de suministro está a 55°F, de donde se calculan los CFM correspondientes. El concepto del RSHR se explica en el capítulo 7.

Se llevará a cabo otro cálculo de carga de enfriamiento como parte del Proyecto II de ejemplo (capítulo 17).

Cargas de enfriamiento residenciales

Los procedimientos descritos se emplean para calcular las cargas de enfriamiento para construcciones comerciales e industriales. Los procedimientos para calcular cargas de enfriamiento para residencias se basan en los mismos principios de transferencia de calor, pero se simplifican. Hay varias razones para ello. El equipo y los controles para acondicionamiento de aire residencial no tienen, por lo general, medios refinados para la creación de zonas, el control de humedad, y la operación de carga parcial. Con frecuencia las viviendas cuentan con acondicionamiento de aire las 24 horas del día. Estos factores conducen a una simplificación de los cálculos de carga. Se explicará aquí un procedimiento normalizado que se ha desarrollado y adoptado en el medio. Es necesaria la comprensión de lo que se expuso ya en este capítulo, antes de proseguir con lo siguiente.

Sólo se calculan las ganancias de calor sensible. Se hace una previsión para las ganancias de calor latente y se omiten las cargas por alumbramiento.

do. Se usan aproximaciones para cargas debidas a personas y a infiltraciones. El procedimiento no necesita de la determinación de la hora pico de carga ni del efecto de almacenamiento de calor, los cuales se incluyen en los datos.

6.24. GANANCIA DE CALOR A TRAVÉS DE LAS ESTRUCTURAS

Las ganancias de calor a través de paredes, techo, cielo raso y piso se calculan empleando la siguiente ecuación:

$$Q = U \times A \times DTE \quad (6.10)$$

donde

- Q = ganancia de calor sensible, BTU/h
- U = coeficiente global de transferencia de calor, BTU/h - ft² - °F
- A = área, ft²
- DTE = diferencia de temperatura equivalente, °F

La diferencia de temperatura equivalente toma en cuenta tanto la conducción como el efecto de la radiación. Los valores de la DTE aparecen en la tabla 6.17. Los rangos L, M y P, de temperatura diaria exterior aparecen en las notas al pie de la tabla, y se pueden encontrar en la tabla A.6. Las tablas se basan en una temperatura interior de 75°F. Para otras temperaturas, se deben corregir las DTE en 1°F por cada °F de diferencia con los valores que se muestran. Las temperaturas exteriores se pueden interpolar entre los valores de la lista.

EJEMPLO 6.18

Una vivienda tiene una superficie de cielo raso de 900 ft². El techo es de color oscuro con el entrepiso y techo ventilado. La condición de diseño interior es de 78°F; las condiciones de diseño exteriores son 90°F. El rango exterior de temperaturas es de 20°F. El factor U combinado para el techo y el cielo raso es de 0.23. Calcular la ganancia de calor por el techo.

TABLA 6.17. DIFERENCIAS DE TEMPERATURA EQUIVALENTES PARA DISEÑO, °F

Temperatura de diseño, °F	85		90			95			100		105	110
	L	M	L	M	H	L	M	H	M	H	H	H
PAREDES Y PUERTAS												
1. De marco y tabla sobre marco:	17.6	13.6	22.6	18.6	13.6	27.6	23.6	18.6	28.6	23.6	28.6	33.6
2. Paredes de mampostería, bloque o ladrillo de 8 in	10.3	6.3	15.3	11.3	6.3	20.3	16.3	11.3	21.3	16.3	21.3	26.3
3. Particiones, bastidores, mampostería	9.0	5.0	14.0	10.0	5.0	19.0	15.0	10.0	20.0	15.0	20.0	25.0
4. Puertas de madera	2.5	0	7.5	3.5	0	12.5	8.5	3.5	13.5	8.5	13.5	18.5
	17.6	13.6	22.6	18.6	13.6	27.6	23.6	18.6	28.6	23.6	28.6	33.6
CIELOS RASOS Y TECHOS^b												
1. Cielos rasos bajo tapancos con ventilación natural, o techo plano ventilado - oscuro	38.0	34.0	43.0	39.0	34.0	48.0	44.0	39.0	49.0	44.0	49.0	54.0
- claro	30.0	26.0	35.0	31.0	26.0	40.0	36.0	31.0	41.0	36.0	41.0	46.0
2. Techo construido, sin cielo raso - oscuro	38.0	34.0	43.0	39.0	34.0	48.0	44.0	39.0	49.0	44.0	49.0	54.0
- claro	30.0	26.0	35.0	31.0	26.0	40.0	36.0	31.0	41.0	36.0	41.0	46.0
3. Cielos rasos bajo recintos sin acondicionar	9.0	5.0	14.0	10.0	5.0	19.0	15.0	10.0	20.0	15.0	20.0	25.0
PISOS												
1. Sobre recintos sin acondicionar	9.0	5.0	14.0	10.0	5.0	19.0	15.0	10.0	20.0	15.0	20.0	25.0
2. Sobre el sótano, entrepiso o losa de concreto) sobre el terreno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. Sobre entrepisos abiertos	9.0	5.0	14.0	10.0	5.0	19.0	15.0	10.0	20.0	15.0	20.0	25.0

^a Rango diario de temperatura

L (Bajo) valor de cálculos: 12°F
Rango aplicable: menor a 15°F

M (medio) Valor de cálculos 20°F.
Rango aplicable: 15 a 25°F

H (alto) Valor de cálculo:
30°F. Rango aplicable: 25°F

^b Cielo raso y techos: Para techos a la sombra, promedio de 18 hr = 11°F (diferencial de temperatura). A una temperatura de diseño de 90°F, y rango diario medio, el diferencial equivalente de temperatura para techos de color claro es igual a 11 + (0.71) (39 - 11) = 31°F.

Solución. Se usará la ecuación 6.10. La DTE se obtiene de la tabla 6.17, y se corrige para la temperatura interior de diseño de 78°F. El rango de temperaturas exteriores cae en la clase *M*.

$$\begin{aligned} \text{DTE} &= 39 - (78 - 75) = 36^\circ\text{F} \\ Q &= 0.23 \times 900 \times 36 = 7\,450 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

6.25. GANANCIA DE CALOR A TRAVÉS DE VENTANAS

En la tabla 6.18 se anotan las ganancias debidas al FCE, factor de carga de enfriamiento. Este valor comprende tanto la radiación solar como la conducción a través del vidrio. Las temperaturas exteriores se pueden interpolar. La ganancia de calor se calcula mediante la ecuación 6.11.

$$Q = A \times \text{FCE} \quad (6.11)$$

donde

$$\begin{aligned} Q &= \text{ganancia de calor a través de la} \\ &\quad \text{ventana, BTU/h} \\ A &= \text{área del vidrio, ft}^2 \\ \text{FCE} &= \text{factor de carga de enfriamiento,} \\ &\quad \text{BTU/h-ft}^2 \end{aligned}$$

EJEMPLO 6.19

Una residencia tiene una ventana de 80 ft² de vidrio sencillo regular hacia el suroeste, con toldo movable. La temperatura exterior de diseño es 95°F. Calcular la ganancia total de calor a través del vidrio.

Solución. Según la tabla 6.18, el FCE es 29 BTU/h-ft², y la ganancia de calor por la ventana es, mediante la ecuación 6.11,

$$Q = 29 \text{ BTU/h-ft}^2 \times 80 \text{ ft}^2 = 2\,370 \text{ BTU/h}$$

Si la ventana está sombreada por toldos permanentes exteriores, el cálculo se lleva a cabo en

forma distinta. Primero se determina la extensión de la sombra. Esto se puede hacer con ayuda de la tabla 6.19. Los factores de línea de sombra que parecen en esa tabla se multiplican por el ancho del entoldado para calcular la longitud vertical de la sombra. Para la parte del vidrio que está sombreada, se usan los valores de la tabla 6.18 para ventanas que dan al norte.

No se indican factores de línea de sombra para ventanas al noroeste y noreste, porque no es posible sombrear esas orientaciones con entoldados.

EJEMPLO 6.20

Una pared que da al sur tiene una ventana panorámica de 6 ft de alto con una saliente de techo, como se indica en la figura 6.8. La casa está ubicada en Nueva Orleans, Louisiana. ¿Cuánto de la ventana queda a la sombra?

Solución. Nueva Orleans está a una latitud 30°N. De la tabla 6.19 se ve que el factor de línea de sombra es 5.4. La longitud vertical de la sombra es 2 x 5.4 = 10.8 ft. La parte inferior del vidrio queda a 8 ft bajo la saliente o desplome, y por lo tanto, ¡el vidrio queda completamente a la sombra! Nótese la eficacia de la saliente. Sin embargo, véase lo que sucedería si la ventana diera hacia el suroeste. La sombra se extiende en el sentido vertical 1.6 x 2 = 3.2 ft, y apenas cubre un pie del vidrio. ¡La orientación y el diseño de la construcción pueden tener un efecto importante sobre el uso de la energía!

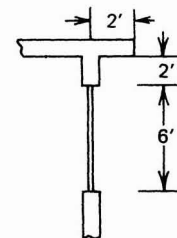


Figura 6.8. Esquema para el ejemplo 6.20.

TABLA 6.18. FACTORES DE DISEÑO PARA CARGAS DE ENFRIAMIENTO A TRAVÉS DE VIDRIOS, BTU/H FT²

Temperatura de diseño exterior	Vidrio sencillo normal						Vidrio doble normal						Vidrio doble absorbente de calor						Vidrio transp. triple		
	85	90	95	100	105	110	85	90	95	100	105	110	85	90	95	100	105	110	85	90	95
Sin entoldado ni sombreado interior																					
Norte	23	27	31	35	39	44	19	21	24	26	28	30	12	14	17	19	21	23	17	19	20
NE y NW	56	60	64	68	72	77	46	48	51	53	55	57	27	29	32	34	36	38	42	43	44
Este y oeste	81	85	89	93	97	102	68	70	73	75	77	79	42	44	47	49	51	53	62	63	64
SE y SW	70	74	78	82	86	91	59	61	64	66	68	70	35	37	40	42	44	46	53	55	56
Sur	40	44	48	52	56	61	33	35	38	40	42	44	19	21	24	26	28	30	30	31	33
Horiz. del cielo	160	164	168	172	176	181	139	141	144	146	148	150	89	91	94	96	98	100	126	127	129
Cortinas o persianas venecianas																					
Norte	15	19	23	27	31	36	12	14	17	19	21	23	9	11	14	16	18	20	11	12	14
NE y NW	32	36	40	44	48	53	27	29	32	34	36	38	20	22	25	27	29	31	24	26	27
Este y oeste	48	52	56	60	64	69	42	44	47	49	51	53	30	32	35	37	39	41	38	39	41
SE y SW	40	44	48	52	56	61	35	37	40	42	44	46	24	26	29	31	33	35	32	33	34
Sur	23	27	31	35	39	44	20	22	25	27	29	31	15	17	20	22	24	26	18	19	21
Persianas enrollables a medio levantar																					
Norte	18	22	26	30	34	39	15	17	20	22	24	26	10	12	15	17	19	21	13	14	15
NE y NW	40	44	48	52	56	61	38	40	43	45	47	49	24	26	29	31	33	35	34	35	35
Este y oeste	61	65	69	73	77	82	54	56	59	61	63	65	35	37	40	42	44	46	49	49	50
SE y SW	52	56	60	64	68	73	46	48	51	53	55	57	30	32	35	37	39	41	41	42	43
Sur	29	33	37	41	45	50	27	29	32	34	36	38	18	20	23	25	27	29	25	26	26
Con entoldado																					
Norte	20	24	28	32	36	41	13	15	18	20	22	24	10	12	15	17	19	21	11	12	13
NE y NW	21	25	29	33	37	42	14	16	19	21	23	25	11	13	16	18	20	22	12	13	14
Este y oeste	22	26	30	34	38	43	14	16	19	21	23	25	12	14	17	19	21	23	12	13	14
SE y SW	21	25	29	33	37	42	14	16	19	21	23	25	11	13	16	18	20	22	12	13	14
Sur	21	24	28	32	36	41	13	15	18	20	22	24	11	13	16	18	20	22	11	12	13

Reproducido con permiso del 1979 ASHRAE Load Calculation Manual.

6.26. PERSONAS Y APARATOS ELECTRODOMÉSTICOS

Se supone que la ganancia de calor sensible por persona es 225 BTU/h en promedio. Si no se conoce previamente el número de ocupantes, se puede estimar como dos veces el número de recámaras. Como la carga máxima se da en general en las últimas horas de la tarde, es una práctica común

suponer que los ocupantes se encuentran en las zonas de sala y comedor, con objeto de tener la distribución de la carga.

Se considera que una ganancia de calor sensible de 1 200 BTU/h es un valor razonable para la zona de la cocina, lo cual permite el uso intermitente de electrodomésticos. Los aparatos eléctricos especiales de gran tamaño se deben evaluar por separado.

TABLA 6.19. FACTORES DE LINEA DE SOMBRA

Orientación de la ventana	Grados de latitud N						
	25	30	35	40	45	50	55
E/W	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SE/SW	1.9	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	0.9
S	10.1	5.4	3.6	2.6	2.0	1.7	1.4

Nota. La distancia a la que cae la línea de sombra por debajo del borde de la saliente es igual al factor de línea de sombra multiplicado por el ancho de la saliente. Los valores son promedios para 5 h de intensidad solar máxima el 1o. de agosto.

Reproducido con permiso del 1979 SHRAE Load Calculation Manual.

6.27. INFILTRACIONES Y VENTILACIÓN

En la tabla 6.20 se muestra el efecto de la infiltración o ventilación sobre las ganancias de calor sensible. La carga de infiltración se expresa como BTU/h-ft² de área expuesta de pared. En casos donde el sistema de acondicionamiento de aire se diseña para admitir algo de aire exterior, este valor se toma de la tabla, expresado en BTU/h por CFM de aire de ventilación. Muchos sistemas residenciales de acondicionamiento de aire emplean 100% de aire recirculado, y se basan en las infiltraciones para la ventilación.

6.28. GANANCIAS DE CALOR Y FUGAS EN DUCTOS

Las ganancias de calor a ductos se calculan en forma aproximada como 10% de la RSHG para ductos en entretechos, y 5% para ductos en sótanos sin acondicionamiento. Las fugas en ductos se pueden suponer como 5% de la RSHG. Estas cifras se auman a la RSHG del edificio.

6.29. CARGA DE ENFRIAMIENTO LATENTE Y TOTAL

Las ganancias de calor latente no se calculan por separado en las aplicaciones residenciales. El equipo unitario de acondicionamiento de aire tiene en general una capacidad de eliminación de calor latente de 0.3 veces su capacidad de calor sensible. Por lo tanto, para calcular la carga total de enfriamiento se multiplica sencillamente la suma de todas las ganancias de calor por 1.3. En climas muy secos, donde el calor latente es menor, se debe emplear un factor de 1.2, y se debe instalar el equipo adecuado.

6.30. RESUMEN DE PROCEDIMIENTOS DE CALCULO DE CARGAS DE ENFRIAMIENTO RESIDENCIALES

Los pasos para calcular las cargas de enfriamiento residenciales se pueden resumir como sigue:

1. Seleccionar las temperaturas de diseño interiores y exteriores, de las tablas 1.1 y A.9.
2. Usar los planos de ingeniería para determinar las dimensiones de todas las superficies a través de las cuales haya ganancias de calor externo, para cada recinto.
3. Calcular las áreas de esas superficies.
4. Seleccionar el coeficiente U de transferencia de calor de cada elemento, de las tablas A.7 o A.8, o bien calcularlo a partir de los valores R individuales.
5. Calcular las ganancias de calor a través de paredes, techos y pisos para cada recinto, con los valores de DTE en la tabla 6.17.
6. Calcular las ganancias de calor a través de ventanas, usando las tablas 6.18 y 6.19 para cada recinto.
7. Determinar la ocupación y la carga de electrodomésticos, sección 6.26.
8. Determinar la carga de infiltración o ventilación (tabla 6.20).
9. Sumar las ganancias individuales para calcular la RSHG para cada recinto y la construcción.
10. Sumar las ganancias de calor en ductos, y las fugas, a la RSHG de la construcción.

TABLA 6.20. CARGA DE ENFRIAMIENTO POR CALOR SENSIBLE DEBIDO A INFILTRACIÓN Y VENTILACIÓN

Temperatura de diseño, °F	85	90	95	100	105	110
Infiltración, BTU/h por ft ² de superficie bruta expuesta de pared	0.7	1.1	1.5	1.9	2.2	2.6
Ventilación mecánica, BTU/h por FCM	11.0	16.0	22.0	27.0	32.0	38.0

Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory*.

11. Multiplicar la RSHG por 1.3 (en climas secos por 1.2.) para calcular la RTHG de la construcción. Esta es la carga de refrigeración.

En la figura 6.9 y en el apéndice se muestra una hoja de Cálculo de Carga de Enfriamiento Residencial, para anotar los datos y los resultados.

EJEMPLO 6.21

Calcular la carga de enfriamiento para la residencia que aparece en la figura 6.10, ubicada en Little Rock, Ark. Construcción con bastidores, entretecho con ventilación natural y techo oscuro.

Solución. Se llevarán a cabo los pasos tal como se recomienda en el resumen. En la figura 6.9 se presentan los resultados de cada uno de los pasos.

1. Según las tablas 1.1 y A.9, las temperaturas de diseño interiores y exteriores son 78°F y 96°F.
- 2-3. Las dimensiones se toman de los planos de construcción, y las áreas bruta y neta, se calculan y se registran en las hojas de cálculo de la figura 6.9. Nótese que los clósets grandes de un recinto se incluye como parte de él. El pasillo se incluye como parte de la recámara, porque no hay puerta que los separe.
4. Los coeficientes de transferencia de calor se toman de las tablas A.7 y A.8, y se anotan en las hojas de cálculo.
5. Se seleccionan los valores de la DTE de la tabla 6.17. El rango de temperaturas exteriores es de 22°F, en la clase *M*. La DTE que aparece es para paredes con bastidor a 95°F de temperatura exterior y 75°F interior, es de 23.6°F. Este valor se corrige para las temperaturas de diseño interior y exterior reales.

$$DTE = 23.6 + (96 - 95) - (78 - 75) = 21.6^\circ\text{F}$$

Se calculan entonces las ganancias de calor por las paredes de cada recinto, con la ecuación 6.10, y se anotan en las hojas de cálculo. Los demás elementos se calculan de la misma forma.

6. Según la tabla 6.18, para ventanas mirando al sur, el FCE para el tipo y sombreado del vidrio es 31 BTU/h-ft² a una temperatura exterior de 95°F e interior de 75°F. Corrigiendo para las condiciones reales de diseño,

$$CFE = 31 + 1 - 3 = 29$$

Se calculan las ganancias de calor y se anotan para las demás ventanas.

7. Para una casa con dos recámaras, suponer que la habitan cuatro personas, dos en las recámaras y dos en el comedor en las horas de carga pico. Cada persona emite 225 BTU/h. Suponer 1200 BTU/h Como carga de aparatos electrodomésticos en la cocina.
8. Se supone que no hay entrada mecánica de aire exterior, y la tasa de infiltración, según la tabla 6.20, es 1.5 BTU/h por ft² de superficie bruta de pared expuesta. Multiplicando por las superficies para cada recinto, se obtienen los resultados y se anotan en las hojas de cálculo.
9. Se suman las ganancias individuales para calcular la RSHG para cada recinto de la construcción.
10. El sistema de ductos está en el sótano. Prever un 5% para la ganancia de calor y 5% para fugas, que se suman a la RSHG de la construcción.
11. Se multiplica la RSHG de la construcción por 1.3 para calcular la carga de refrigeración.

6.31. CONSERVACIÓN DE ENERGÍA

La reducción de carga de enfriamiento de las construcciones es una gran oportunidad para con-

CONSERVACIÓN DE ENERGÍA

CALCULOS DE CARGAS RESIDENCIALES DE ENFRIAMIENTO Proyecto A. Jones Residence Exterior 96 °F Interior 78 °F. Rango diario exterior 22 F. Ubicación Little Rock, Ark. Ing _____ Calculó EP 2/3/87 Revisó X.X. 2/4/87

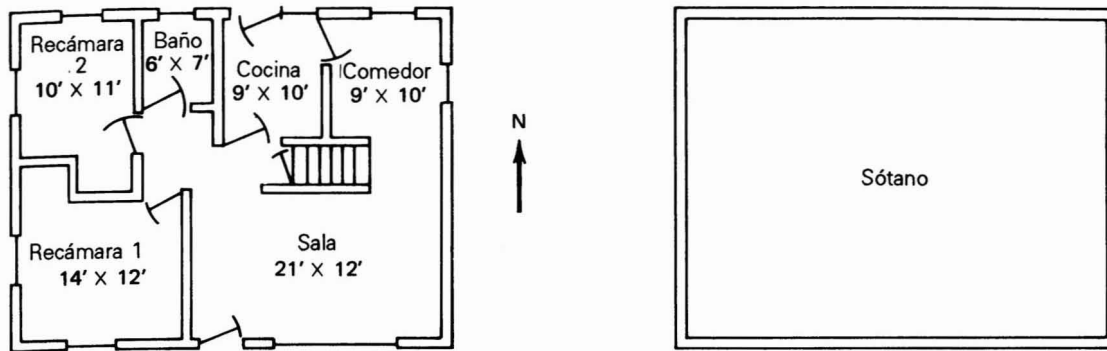
Nombre del recinto	Sala				Comedor				Recámara No. 1				Recámara No. 2			
Tamaño de planta	27 x 12 + 12 x 3				9 x 14				14 x 12 + 3 x 4				10 x 11 + 3 x 4			
Pared	U	A	DTE	BTU/H	U	A	DTE	BTU/H	U	A	DTE	BTU/H	U	A	DTE	BTU/H
	Bruto		264				184				208				168	
Neta	.20	202	21.6	870	.20	136	21.6	590	.20	180	21.6	780	.20	140	21.6	600
Techo/cielo raso	.10	288	42.0	1210	.10	126	42.0	530	.10	168	42.0	710	.10	122	42.0	510
Piso																
Partición																
Puerta	.70	20	21.6	300												
Ventanas	Dir.		CLF		Dir.		CLF		Dir.		CLF		Dir.		CLF	
	S	42	29	1220	E	28	54	1510	S	14	29	410	N	14	21	290
									W	14	54	760	W	14	54	760
					N	20	21	420								
Infiltración	1.5 x 264		400		1.5 x 184		280		1.5 x 208		310		1.5 x 168		250	
Personas	2 x 225		450		2 x 225		450									
Aparatos																
RSHG			4450				3780				2970				2410	

Nombre del recinto	Cocina				Baño											
Tamaño de planta	9 x 10				6 x 7											
Pared	U	A	DTE	BTU/H	U	A	DTE	BTU/H	U	A	DTE	BTU/H	U	A	DTE	BTU/H
	Bruto		72				48									
Neta	.20	58	21.6	250	.20	39	21.6	170								
Techo/cielo raso	.10	90	42.0	380	.10	42	42.0	180								
Piso																
Partición																
Puerta																
Ventanas	Dir.		CLF		Dir.		CLF		Dir.		CLF		Dir.		CLF	
	N	14	21	290	N	9	21	190								
Infiltración	1.5 x 72		110		1.5 x 48		70									
Personas																
Aparatos				1200												
RSHG			2230				610									

NOTAS: Altura del cielo raso 8'-0". Vidrio transparente sencillo, persianas venecianas $U_w = 0.20$, $U_{techo} = 0.10$, $U_{puerta} = 0.70$. Todas las ventanas son de 3.5' x 4', excepto la del baño, que es de 3' x 3'.

Total de la construcción	
RSHG Calc.	= <u>16,450</u>
Ganancia en ductos <u>5</u> %	= <u>820</u>
Fuga en ductos <u>5</u> %	= <u>820</u>
Carga de aparatos	= <u>18,090</u>
enfriamiento = <u>1.3</u> x RSHG	= <u>23,520 BTU/h</u>
x RSHG	

Figura 6.9. Hoja de cálculos de carga de enfriamiento (Ejemplo 6.21)



Escala 1/16" = 1'-0"

Figura. 6.10. Plano para el ejemplo 6.21.

servar la energía. Algunos de los métodos mediante los cuales se logra lo anterior son:

1. Usar en la construcción aislamiento con un alto valor de R.
2. Usar la temperatura exterior de diseño de BS del 2.5% y la temperatura correspondiente de BH.
3. Usar temperaturas de diseño interiores BS de 78 a 80°F que proporcionan confort en la mayor parte de los casos. La práctica anterior era diseñar para 75°F o menos, lo cual es inútil.
4. Tomar en cuenta el empleo de vidrio que absorbe calor.
5. Tener dispositivos interiores de sombras eficaces.
6. Reducir al mínimo el uso del vidrio en la construcción a menos que sea en el lado sur para recibir calor solar en el invierno.
7. Tener en cuenta características de construcción exterior que proporcionen sombra a las ventanas.
8. Orientar la construcción de tal manera que la radiación solar en verano sea mínima en los

lados que tengan grandes superficies con vidrieras.

9. Evitar los niveles de iluminación excesivos e innecesarios.
10. Emplear tipos de iluminación que conviertan la energía eléctrica en luz con mayor eficiencia.
11. Antes que nada, usar procedimientos adecuados de cálculo que tomen en cuenta el retraso en tiempo y el almacenamiento de calor.

En el capítulo 15 se presentará una descripción más detallada de la conservación de energía mediante el diseño del sistema de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire.

PROBLEMAS

- 6.1. Una construcción tiene un techo de 120 ft x 80 ft, y se ubica en Cincinnati, Ohio. El techo está construido con madera de 1 in con aislamiento R-5.5 y cielo raso suspendido. La temperatura de diseño interior es 80°F. Calcular la ganancia neta de calor por el techo cuando

A. Sea 21 de septiembre a mediodía.

- B. Sea la hora pico de ganancia de calor por el techo.
- 6.2. Una pared que da hacia el sureste, de una construcción en Las Vegas, Nevada, tiene 90 ft x 24 ft. Esta pared está construida con bloque de concreto de 8 in, aislamiento R-5 y tablero de enyesado de 1/2 in. La condición de diseño interior es 79°F. Calcular la ganancia neta de calor a través de la pared cuando
- A. Sea 15 de junio a las 11 AM.
- B. Sea la ocasión de ganancia máxima por la pared.
- 6.3. Una construcción en Baltimore, Maryland tiene 2300 ft² de pared exterior de vidrio sin sombreado interior. La temperatura interior de diseño es 80°F. Calcular la ganancia neta de calor por conducción a través del vidrio a las 2 PM en verano.
- 6.4. Una construcción en Dallas, Texas, tiene 490 ft² de ventanas que dan hacia el oeste, con vidrio transparente sencillo de 1/4 de in. La edificación es de construcción ligera. Calcular la ganancia neta solar máxima por las ventanas. ¿En qué fecha y hora se presenta?
- 6.5. Un recinto de una construcción en la ciudad de Nueva York tiene una ventana de 12 ft de ancho por 6 de alto que da hacia el sur. El edificio es de construcción mediana. La ventana tiene vidrios de 1/4 de in sencillos y transparentes, con persianas oscuras. Hay una proyección externa de 3 ft en la parte superior de la ventana. Calcular la ganancia de calor solar a través de la ventana a las 12 del día el 1o. de julio.
- 6.6. Un recinto tiene cuatro unidades fluorescentes de 40W y dos unidades incandescentes de 200W. El sistema de enfriamiento se apaga durante las horas en las que no hay ocupación. ¿Cuál es la ganancia de calor debida al alumbrado?
- 6.7. Calcular las ganancias de calor sensible y latente debidas a 180 personas en una discoteca. La temperatura de diseño es de 78°F.
- 6.8. Una fábrica, con acondicionamiento de aire las 24 horas del día, trabaja de 8 AM a 5 PM. Tiene 76 empleados, hombres y mujeres, que se dedican a trabajos ligeros de banco. ¿Cuál es la ganancia neta de calor a la 1 PM? La temperatura de diseño es de 78°F.

- 6.9. Una cafetería tiene una parrilla de vapor de 20 ft², sin campana. ¿Cuáles son las ganancias de calor sensible y latente?
- 6.10. Un recinto tiene las siguientes dimensiones exteriores de pared y ventana:

PARED: 20 ft x 8 ft, $U = 0.27 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$.

VENTANA: 8 ft de ancho x 4 ft de altura, $U = 0.69$.

Calcular el factor de corrección que se debe aplicar para la transferencia de calor a los alrededores.

- 6.11. Calcular la ganancia máxima de calor para la oficina general que se muestra en la figura 6.11, con las condiciones siguientes:

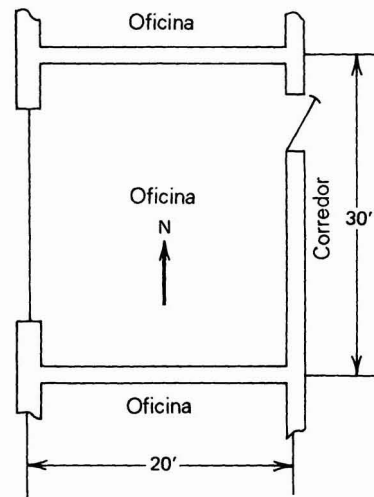
UBICACIÓN: Sacramento, Cal. Condiciones interiores 80°F BS, 50% HR.

PARED: $U = 0.28 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$, grupo E.

VENTANA: 20 ft de ancho x 6 ft de alto, vidrio transparente encillo, persianas interiores oscuras.

OCUPACIÓN: 10 personas. Iluminación 4 W/ft² con balastras.

ALTURA DE PISO A PISO: 10 ft.



Nota: construcción ligera

Figura 6.11. Plano para el problema 6.11.

- 6.12. La construcción que aparece en la figura 6.12, ubicada en Ottawa, Canadá, tiene las siguientes condiciones:

PUERTAS: 7 ft de alto x 3 ft de ancho, madera de 1 1/2 in.

PAREDES: $U = 0.18 \text{ BTU/h-ft}^2 - ^\circ\text{F}$, grupo C. Sin ventanas. Color claro.

TECHO: Concreto pesado de 4 in, aislamiento R-5.5, cielo raso terminado.

CONDICIONES INTERIORES DE DISEÑO: 80°F, 55% HR.

OCUPACIÓN: 80 ft² por persona. Alumbrado 2.5 W/ft². Calcular la ganancia pico de calor y la ganancia de calor a las 11 AM del 30 de junio.

- 6.13. Repetir el problema 6.12, pero con la construcción girada a 45° en el sentido de las manecillas del reloj, y después a 90° en el mismo sentido, ubicándolo en la ciudad de México.

- 6.14. Un recinto de una construcción en Memphis, Tennessee, tiene una pared expuesta, que da hacia el oriente, con las siguientes condiciones:

PARED: $A = 68 \text{ ft}^2$, $U = 0.21 \text{ BTU/h-ft}^2 - ^\circ\text{F}$, grupo E.

VENTANA: $A = 130 \text{ ft}^2$, vidrio sencillo absorbente de calor, sin sombreado.

Construcción liviana. Temperatura interior del recinto = 78°F. Calcular la ganancia máxima de calor externo.

- 6.15. Una sala de conciertos en Londres, Inglaterra, tiene 2300 asientos. Las condiciones de diseño interiores son 75°F Y 50% HR. Calcular las cargas de ventilación en verano.

- 6.16. Llevar a cabo un cálculo completo de la carga de enfriamiento para una construcción de un piso para oficinas, que aparece en la figura 6.13. Las condiciones son las siguientes:

UBICACIÓN: Ciudad de México.

PAREDES: $U = 0.20 \text{ BTU/h-ft}^2 - ^\circ\text{F}$, grupo C.

VENTANAS: vidrio sencillo absorbente de color, persianas claras interiores.

TECHO: de madera de 2.5 in, con aislamiento R-2.8.

Con la orientación que asigne el instructor.

Construcción ligera. Personal: 1 por 60 ft². Hacer las suposiciones basadas en las recomendaciones de este texto y en otros datos (para ventilación, ganancias de calor en ductos y ventiladores, etc.).

- 6.17. Llevar a cabo un cálculo completo de carga de enfriamiento para la residencia que se describe en el problema 3.20, ubicada en la ciudad de México, o bien en la localidad del lector.

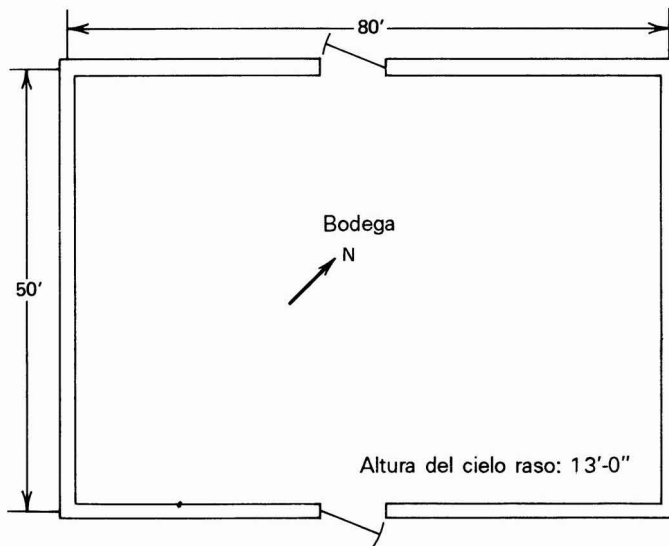


Figura 6.12. Plano para el problema

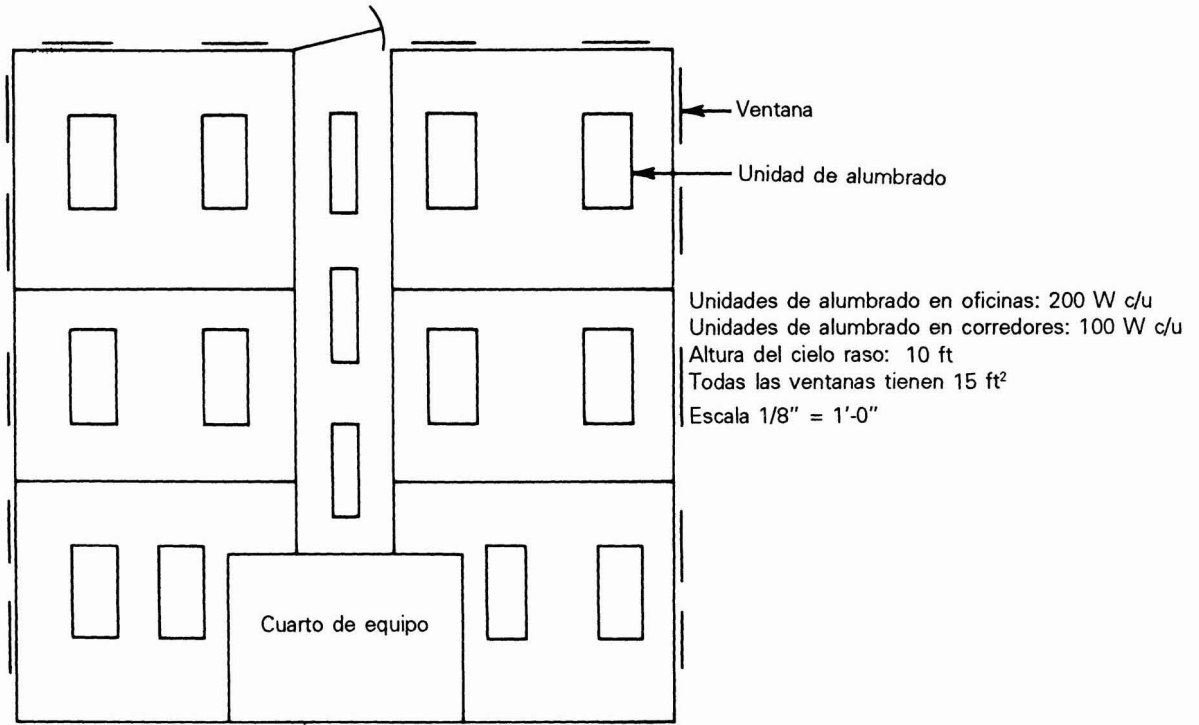


Figura 6.13. Plano para el problema 6.16.