

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

Capítulo IV

Propiedades Térmicas de los Materiales

- 1) 4.1 Propiedades de los Materiales de Construcción
- 2) 4.2 Factores U para Secciones no uniformes
- 3) 4.3 Resistencia de superficies y Espacios de Aire
- 4) 4.4 Desempeño térmico entre alternativas
- 5) Ejercicios

Propiedades Térmicas de los Materiales

4.1 Propiedades de los Materiales de Construcción:

Las propiedades térmicas de los materiales se encuentran listadas en el Apéndice A. Esta tabla está arreglada, en la primera columna, 10 familias de materiales básicos, la segunda columna indica la densidad (Lbs/Ft³), este valor al ser usado con el dato anotado en la última columna que es el valor del calor específico, se hace muy importante para calcular la inercia térmica durante la temporada de verano.

La tercera columna muestra la conductividad **k** (BTU-in/Hr.Ft².°F), la cuarta columna muestra la conductancia **C** que es la conductividad dividida entre el espesor en pulgadas.

$$C = k/L$$

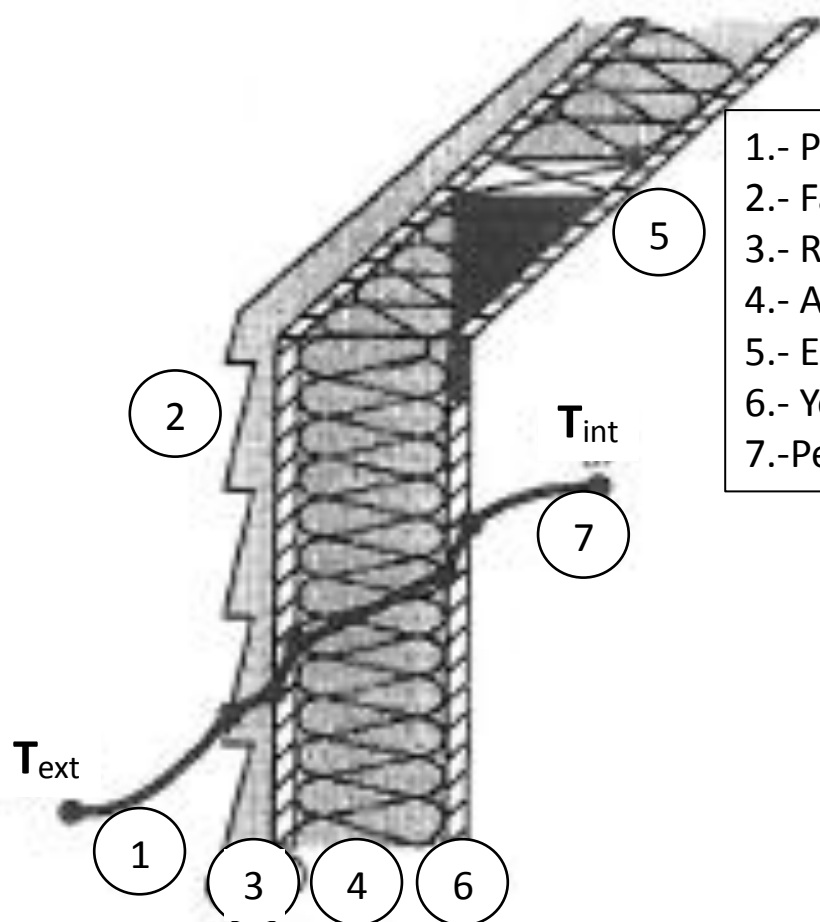
Las siguientes dos columnas proporcionan el valor **R**, que es el recíproco de **C**. Recordemos que $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$ y ya conocemos que $U_{\text{tot}} = 1/R_{\text{tot}}$ el cual es usado para calcular la . . .continúa. . .

Propiedades Térmicas de los Materiales

4.1 Propiedades de los Materiales de Construcción:

. . .continúa. . . Transferencia de calor a través de los materiales. La mejor manera de ver este proceso es con un ejemplo: Veremos un muro típico para un clima cálido, utilizando una construcción de 2x4 rellena con 3 pulgadas de aislamiento de fibra de vidrio como se muestra en la Fig. 4-1, ya hemos visto que $U=k/L$ lo cual es cierto para materiales homogéneos.

Al analizar muros compuestos, es necesario determinar el factor U , utilizando los valores de R para cada uno de los materiales, que se han numerado en secuencia de fuera hacia dentro. Nótese que los componentes 4 y 5 representan el aislamiento y al polín de madera de 3.5 Pulg. que tiene $R=4.38$.



- 1.- Película exterior de aire
- 2.- Fachada de Madera traslapada (0.5x8 Pulg.)
- 3.- Recubrimiento (0.5 Pulg. regular)
- 4.- Aislamiento (Fibra de vidrio 3.0 Pulg)
- 5.- Estructura de Madera (3.5x3.5 Pulg.)
- 6.- Yeso (0.5 Pulg)
- 7.- Película interior de aire.

Figura 4-1. Sección del Muro

Propiedades Térmicas de los Materiales

4.1 Propiedades de los Materiales de Construcción:

Las películas de aire exterior e interior, son valores de transferencia de calor por convección. En este caso, representan la resistencia a la transferencia de calor que ofrece el aire en una superficie vertical, estas películas de aire, de alguna forma varían a lo largo de todo el edificio y lo veremos más adelante en la sección 4.3

		En la cavidad	En el marco
1	Película exterior de aire (viento a 15 mph)	0.17	0.17
2	Fachada de Madera traslapada (0.5x8 Pulg.)	0.81	0.81
3	Recubrimiento (0.5 Pulg. regular)	1.32	1.32
4	Aislamiento (Fibra de vidrio 3.0 Pulg)	11.00	
5	Estructura de Madera (3.5x3.5 Pulg.)		4.38
6	Yeso (0.5 Pulg)	0.32	0.32
7	Película interior de aire. (aire en calma)	0.68	0.68
	Resistencia Térmica Total (RT)	14.30	7.70

4-2 Propiedades de los Materiales de Construcción:

Como se aprecia en la tabla anterior, Los valores son sumados para obtener el valor de la resistencia total del muro (R_T), que para la cavidad es de 14.3 Hr.Ft².°F/BTU, y de 7.7 Hr.Ft².°F/BTU para el marco. Tomado los recíprocos de estos valores, tendremos:

$$U_{\text{cavidad}} = 1/R_T = 1/14.3 = 0.07 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.\text{°F}$$

$$U_{\text{marco}} = 1/R_T = 1/7.7 = 0.13 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.\text{°F}$$

Nótese que el valor de U para el marco es casi el doble que el de la cavidad, lo que significa que perderá el doble de calor. Se puede obtener el factor U ajustado (total) dándole la ponderación de los dos tipos de material con que se cuenta en la sección del muro, ya que estos muros típicos, consisten del 25% de marcos, de tal manera que ya ponderados tenemos:

$$0.75(0.07) + 0.25(0.13) = 0.085 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.\text{°F} = \text{Valor } U \text{ Ajustado}$$

4-2 Propiedades de los Materiales de Construcción:

Ahora veamos al mismo muro pero cambiando los marcos de madera por marcos metálicos los cuales tienen, para efectos prácticos, cero resistencia.

No		En la cavidad	En el marco
1	Película exterior de aire	0.17	0.17
2	Fachada de Madera traslapada (0.5x8 Pulg.)	0.81	0.81
3	Recubrimiento (0.5 Pulg. regular)	1.32	1.32
4	Aislamiento (Fibra de vidrio 3.0 Pulg)	11.00	
5	Estructura de Metal		0.00
6	Yeso (0.5 Pulg)	0.32	0.32
7	Película interior de aire.	0.68	0.68
	Resistencia Térmica Total (R_T)	14.30	3.30
	Factor $U = 1/R_T$	0.07	0.30

Propiedades Térmicas de los Materiales

Propiedades de los Materiales de Construcción:

Suponiendo ahora que los marcos de metal representan el 20% del área del muro, el Factor U ajustado será de: $U = 0.80(0.07) + 0.20(0.30) = 0.12$ BTU/Hr.Ft².°F

Notamos una significativa reducción en el valor de la U_{tot} del muro. Algunos diseñadores, de forma equivocada, ignoran el metal cuando calculan las pérdidas debido a que es de pequeñas dimensiones. Ya que se pierde casi la mitad del valor de aislamiento del muro, con frecuencia esos cálculos de la pérdidas, quedan por debajo de la necesidad real. En la tabla 4-1 se proporcionan factores de corrección para diferentes tipos de estructuras de marcos.

Tabla 4-1. Factores de corrección para muros con Marcos Metálicos

Tamaño de los refuerzos	Calibre (AWG)	Espacio entre marcos	Valor <i>R</i> aislamiento en cavidad	Factor de Corrección	Valor efectivo de <i>R</i> en el muro
2 x 4	18-16	16 Pulg e.c.	R-11	0.50	R-5.5
			R-13	0.46	R-6.0
			R-15	0.43	R-6.4
2 x 4	18-16	24 Pulg e.c.	R-11	0.60	R-6.6
			R-13	0.55	R-7.2
			R-15	0.52	R-7.8
2 x 6	18-16	16 Pulg e.c.	R-19	0.37	R-7.1
			R-21	0.35	R-7.4
2 x 6	18-16	24 Pulg e.c.	R-19	0.45	R-8.6
			R-21	0.43	R-9.0
2 x 8	18-16	16 Pulg e.c.	R-25	0.31	R-7.8
2 x 8	18-16	24 Pulg e.c.	R-25	0.38	R-9.6

Propiedades de los Materiales de Construcción:

Veamos otro ejemplo utilizando muro de block de concreto con huecos como lo indica la figura 4-2 y para los valores de R y U, ver tabla 4-2

Debemos apuntar, para este ejemplo, que la mezcla de las juntas, para el block de concreto (6) tiene un valor R menor en un 30% que el block, pero se requiere estructuralmente.

En la tabla 4-2, se resumen todos los datos de este muro y el factor U promedio se calcula como sigue:

$$U_{av} = 0.75*(0.127) + 0.25*(0.198) = 0.145 \text{ BTU/Hr.Ft}_2.^{\circ}\text{F}$$

Para este muro, este factor $U_{av} = 0.145$, es el correcto a utilizar.

Hay algunas variables adicionales que no se consideraron en este ejercicio, por ejemplo, los clavos utilizados en un muro típico, reducen el valor efectivo de R_T , por cerca de 1.0.

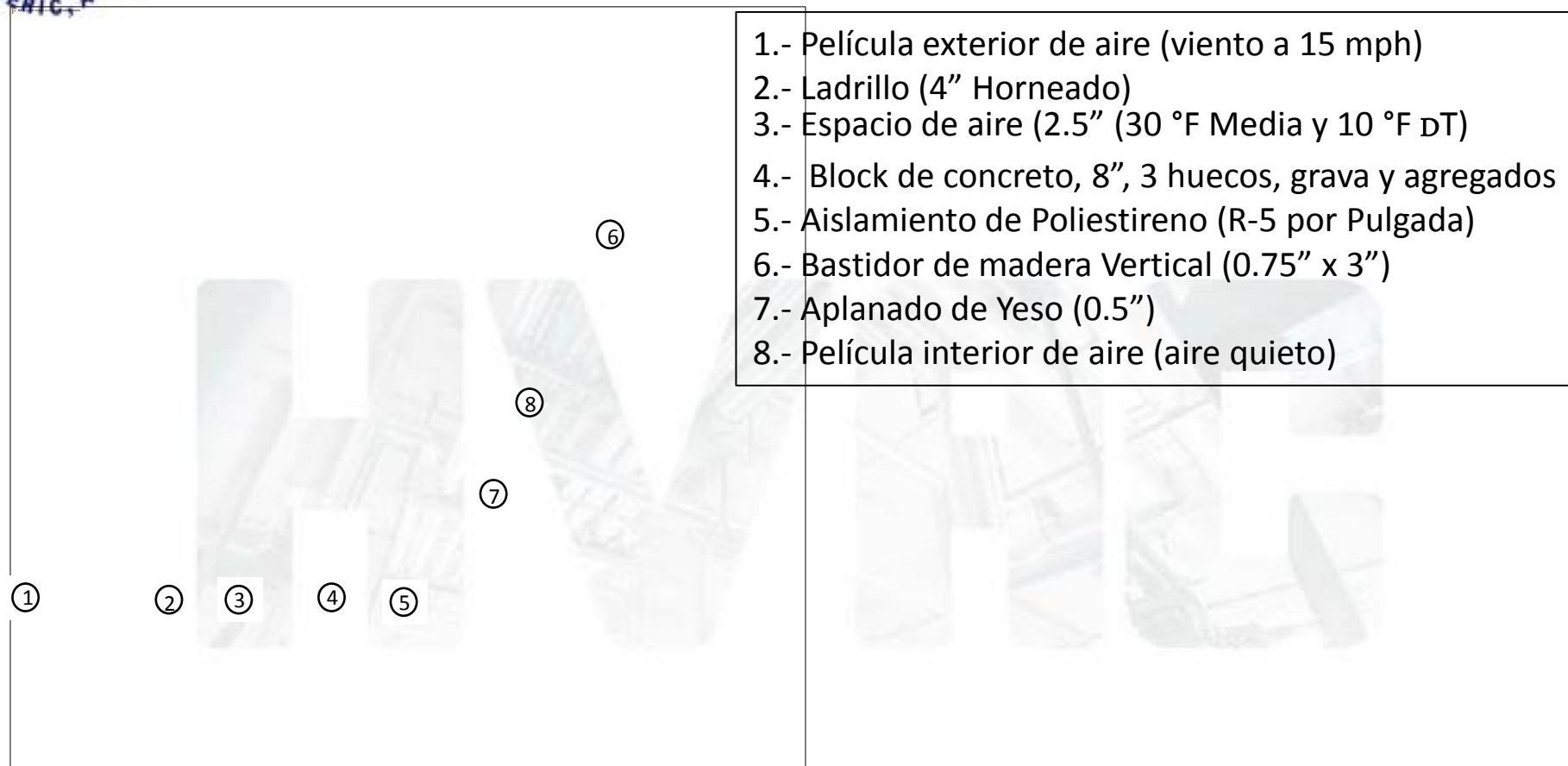


Figura 4-2 Muro de Block de Concreto

Tabla 4-2 Sección de Muro

No	Material o componente	Resistencia	
		Entre Acabados	En Acabados
1	Película exterior (Viento de 15 mph)	0.170	0.170
2	Ladrillo (4 Pulg. Horneado)	0.800	0.800
3	Espacio de aire No-Reflectivo (2.5") (30 °F Temp. media 10 °F Dif. Temp)	1.100	1.100
4	Block de Concreto, 3 huecos ovalados, agregados de Grava y Arena (8")	1.050	1.050
5	Aislamiento de Poliestireno (R-5 por Pulgada)	3.750	
6	Aplanado Vertical Nominal (0.75" x 3.0")		0.940
7	Aplanado de Yeso (0.5")	0.320	0.320
8	Película interior de aire (aire quieto)	0.680	0.680
	Resistencia Total	7.870	5.06*
	$U = 1/R_t$	0.127	0.198**

* En Hr.Ft².°F/BTU

** En BTU/Hr.Ft².°F

4-2 Propiedades de los Materiales de Construcción:

Veamos otro ejemplo utilizando muro de block de concreto con huecos como lo indica la figura 4-2 y para los valores de R y U, ver tabla 4-2

Debemos apuntar, para este ejemplo, que la mezcla de las juntas, para el block de concreto (6) tiene un valor R menor en un 30% que el block, pero se requiere estructuralmente.

En la tabla 4-2, se resumen todos los datos de este muro y el factor U promedio se calcula como sigue:

$$U_{av} = 0.75*(0.127) + 0.25*(0.198) = 0.145 \text{ BTU/Hr.Ft}_2.^{\circ}\text{F}$$

Para este muro, este factor $U_{av} = 0.145$, es el correcto a utilizar.

Hay algunas variables adicionales que no se consideraron en este ejercicio, por ejemplo, los clavos utilizados en un muro típico, reducen el valor efectivo de R_T , por cerca de 1.0.

4-3 Resistencia en Superficies y Espacios de Aire-Quieto:

Como se notó en los ejemplos anteriores, las películas de aire interiores y exteriores, ofrecen una resistencia a la transferencia de calor del edificio. Nótese que en estos ejemplos, para las superficies interiores se consideró aire quieto, y para las superficies exteriores se supuso, un viento de 15 mph, estas son suposiciones estándar hechas por el diseñador, a menos que haya más información disponible, pueden tomarse como correctas. En verano, generalmente, se supone una velocidad de viento de 7.5 mph.

Las resistencias por convección se muestran en la tabla 4-3. y se tienen valores tanto para superficies No-reflectivas ($\epsilon=0.90$) como reflectivas (tales como aluminio o Mylar $\epsilon=0.05$). Estos valores de convección incluyen los efectos de calor radiante transferido por la superficie.

Tabla 3 Valores de Convección

		Emitancia de la Superficie					
		No reflectiva $\epsilon=0.90$		Reflectiva $\epsilon=0.20$		Reflectiva $\epsilon=0.05$	
Posición Superficie	Dirección del flujo de calor	h_i	R	h_i	R	h_i	R
Aire Quieto							
Horizontal	Hacia arriba	1.63	0.61	0.91	1.10	0.76	1.32
Inclinación 45°	Hacia arriba	1.60	0.62	0.88	1.14	0.73	1.37
Vertical	Horizontal	1.46	0.68	0.74	1.35	0.59	1.70
Inclinación 45°	Hacia abajo	1.32	0.76	0.60	1.67	0.45	2.22
Horizontal	Hacia abajo	1.08	0.92	0.37	2.70	0.22	4.55
Aire en Movimiento		h_o	R				
15 mph (Invierno)	Cualquiera	6.00	0.17	N/A	N/A	N/A	N/A
7.5 mph (Verano)	Cualquiera	4.00	0.25	N/A	N/A	N/A	N/A
1.- Conductancia de Superficie h_i y h_o en (BTU/Hr.Ft².°F); resistencia R en (Pulg.°F.Ft².Hr/BTU) 2.- Ninguna superficie tiene ambas, valor de resistencia y Valor de resistencia de superficie 3.- Para áticos ventilados, o espacio arriba del plafond, en condiciones de verano, (flujo calor hacia abajo) Ver Tabla 5 4.- Las conductancias son para superficies con la emitancia ϵ, anotada viendo hacia un cuerpo negro virtual alrededor, a la misma temperatura que el aire ambiente. Los valores están basados en un diferencial de temperatura de 10 °F y con temperaturas de superficie de 70 °F. 5.- Para una información mas detallada Ver capítulo 3 ASHRAE Fundamentals, especialmente Tablas 5 y 6 y Figura 1. 6.- La conductancia puede tener un impacto significativo en la emitancia de la superficie. (Ver tabla 2)							

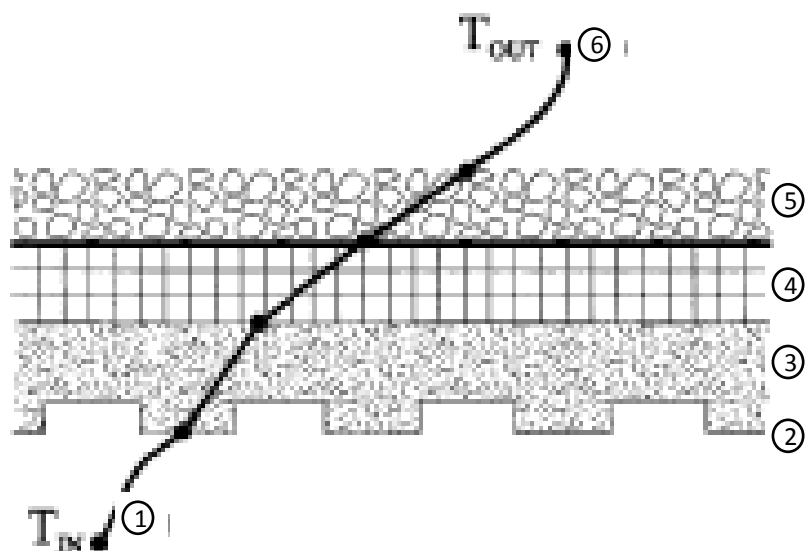


Figura 4-3 Sección de Manpostería
en Techo Plano

- 1.- Película interior de aire (Aire Quieto)
- 2.- Metal Corrugado
- 3.- Concreto con Agregado ligero (2" , 30 LB/Ft3)
- 4.- Aislamiento rígido, 1.5 Lb/Ft3)
- 5.- Impermiabilizante (roofing) (0.375 Pulg)
- 6.- Película exterior de aire (viento a15 mph)

Tabla 4-5 Materiales de Construcción Techo Plano de Concreto

No	Descripción	Resistencia R			
		Ninguno	1 Pulg.	2 Pulg.	3 Pulg.
1	Superficie interior (aire quieto)	0.61	0.61	0.61	0.61
2	Metal corrugado	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Losa de Concreto ligero, 2 Pulg. (30 LB/Ft3)	2.22	2.22	2.22	2.22
4	Aislamiento rígido (1.5 Lb/Ft3)	0.00	4.17	8.34	12.51
5	Cubierta Impermiabilizante	0.33	0.33	0.33	0.33
6	Superficie exterior (Viento de 15 mph)	0.17	0.17	0.17	0.17
Resistencia térmica total R_T		3.33	7.50	11.67	15.84
Factor $U = 1/R_T$		0.30	0.13	0.09	0.06

4-4 Desempeño térmico de varias opciones:

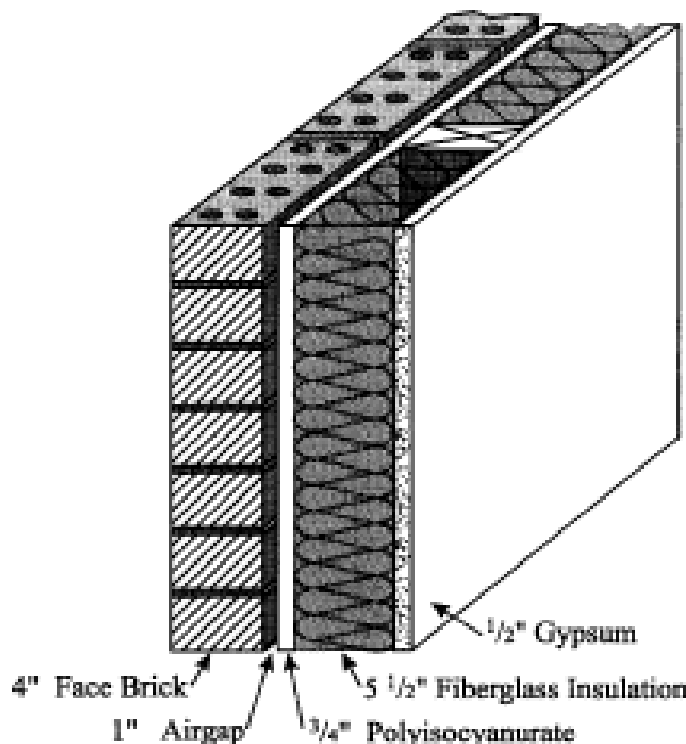
El tema final de esta sección es comparar el desempeño térmico de varias opciones de aislamiento. Para mostrar como se puede hacer esta comparación, consideraremos cuatro opciones de aislamiento en la posición (4) de la figura 4-3.

los materiales de construcción se proporcionan en la tabla 4-5 y notarán que no se consideró resistencia alguna para el plafond, ya que este presenta gran cantidad de fugas a través de las ranuras de las luminarias que en forma típica se instalan en el mismo. Debido a las trayectorias de la convección que ocurren dentro de este amplio espacio, es recomendable, que en los cálculos, no se incluya ninguno de estos elementos.

Ejercicios de la Sección 4:

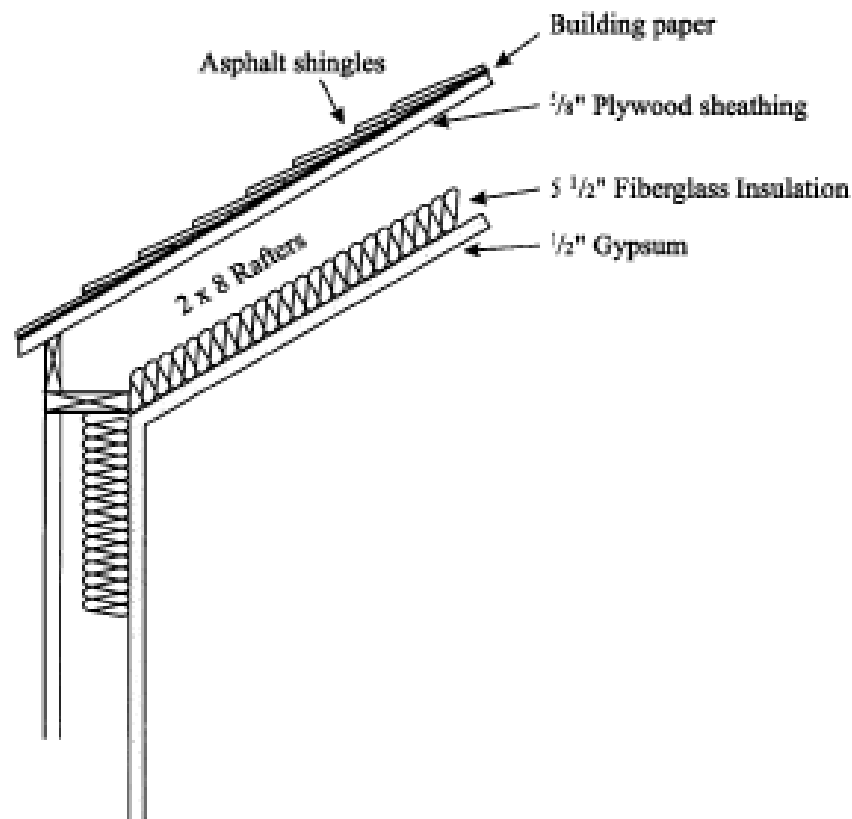
1.- La muestra de la Figura E-1, consta de Polines de madera de 2x6 Pulg., con 24 Pulg. entre centros, con un aislamiento R-19. Suponiendo que se tiene un 10% de área de marcos, calcule el factor U, efectivo.

Figura E-1



Ejercicios de la Sección 4:

2.- Para el techo mostrado en la figura E-2, calcule el factor U efectivo, suponiendo un 20% de factor de marcos. con polines de madera.



Ejercicios de la Sección 4:

3.- Al cerrar las cortinas de una ventana, añada 4 Pulgadas de espacio de aire quieto (suponiendo un sello perfecto). Si la emisividad del material de las cortinas y la superficie de vidrio son de 0.9 y 0.8 respectivamente, determine la diferencia en la pérdida de calor a través de la ventana de 5x9 ft de vidrio sencillo con las cortinas cerradas. Suponga que el valor R , del material del vidrio es despreciable y la diferencia de temperatura es de 60°F.

4.- Explique porque el coeficiente de la película de aire (h_i) de las superficies horizontales, es mayor para flujo de calor hacia arriba que para flujo de calor hacia abajo.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

Capítulo V

Transferencia de calor por Muros, Techos y Pisos.

- 1) 5.1 Descripción del edificio
- 2) 5.2 Diseño de las zonas
- 3) 5.3 Espacios no calentados
- 4) 5.4 Losa en Grado
- 5) 5.5 Sótanos
- 6) 5.6 Espacio entre piso y Terreno (crawlspase)
- 7) 5.7 Tragaluces, Aguilones y Volados
- 8) 5.8 Resumen del edificio.
- 9) Ejercicios

Transferencia de calor por Muros, Techos y Pisos.

V.- Objetivos de esta sección:

En esta sección aprenderemos como calcular las pérdidas de calor en una pequeña construcción. También platicaremos acerca de las pérdidas de calor en los espacios no-calentados, así como a través de varios tipos de pisos.

Después de terminar la sección, podremos:

- 1.- Estimar las pérdidas de calor a través de los espacios no-calentados
- 2.- Estimar las pérdidas de calor a través de Losas y Pisos
- 3.- Calcular las pérdidas de calor a través de varios sistemas de aislamiento y espacios bajo el piso (crawlspase)
- 4.- Calcular las pérdidas de calor a través de Tragaluces, Aguilones y Volados

Transferencia de calor por Muros, Techos y Pisos.

5.1 Descripción del edificio:

Para facilitar el análisis en esta sección haremos como ejemplo, el cálculo de las pérdidas de calor en una casa de 5 habitaciones, ver figura 5-1, En la que se muestra un corte con las dimensiones de las habitaciones, aunque todos estos cálculos se pueden hacer a mano, sugerimos el uso de una hoja de cálculo (Excel).

Para mantener sencillo nuestro problema, los cuartos tienen 8 Ft de altura y 16 Ft, de ancho. El análisis de muros externos y plafones nos dio factores U , de 0.06 BTU/Hr.Ft².°F y 0.40 BTU/Hr.Ft².°F respectivamente. Suponga que cada cuarto de la Planta Baja tiene una ventana de 24x36 Pulg. "Thermopane" con marco de madera ($U =$ BTU/Hr.Ft².°F). En el muro norte, la cocina y la sala tienen una puerta de metal aislado de 28x80 Pulgadas ($U = 0.3$ BTU/Hr.Ft².°F). En el muro sur, cada recámara tiene una ventana tipo buhardilla (dormer) de 30x48 Pulgadas, ($U =$ BTU/Hr.Ft².°F) y techo (Gabled Roof). . .continúa. . .

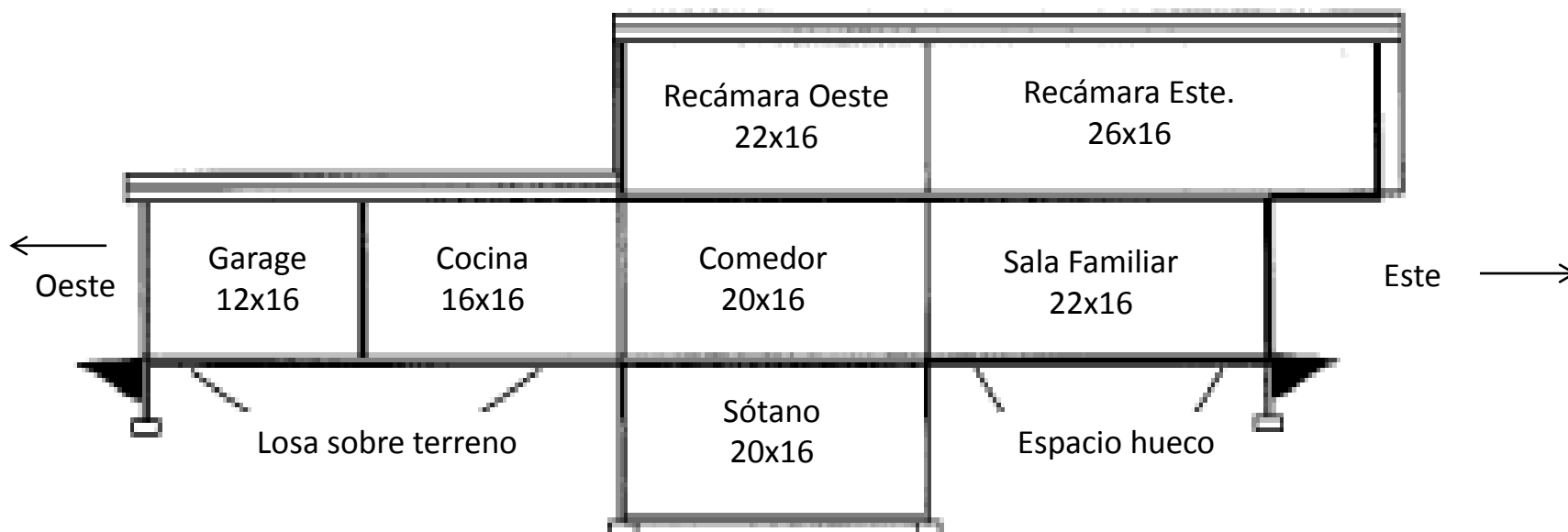


Figura 5-1 Ejemplo (Plano en Corte)

Transferencia de calor por Muros, Techos y Pisos.

5.1 Descripción del edificio:

. . .continúa. . . La recámara del Este, tiene 4 Ft de volado. Finalmente, supondremos que esta construcción está en Chicago, Ill. Donde la temperatura de diseño de invierno es de -4°F . Las condiciones interiores de diseño las supondremos de 65°F y la infiltración de 0.5 Cambios/hora.

Transferencia de calor por Muros, Techos y Pisos.

5.2 Diseño de Zonas:

El primer paso al ejecutar el análisis de cargas térmicas es el de dividir el edificio en zonas, en este caso consideraremos a cada cuarto como una zona, iniciando por la cocina (ver tabla 5-1)



Tabla 5-1 Análisis térmico para ejemplo (Cocina)

Sección	Medidas Grales.(Ft2)	Area neta (Ft2)	U =1/R	(Ti - To)	UxAx(Ti-To)
Norte	16x8-2x3	122	0.06	69	505.0
Este	Espacio-No calentado				0.0
Oeste	16x8	128	0.06	66	507.0
Sur	16x8-28x80/144	112	0.06	69	464.0
Ventanas	2x3	6	0.5	69	207.0
Puertas	28x80/144	16	0.3	69	331.0
Plafones	16x16	256	0.04	69	707.0
Piso	16x16	256	0.1	20	512.0
Infiltración	16x16x8x0.5	1024	0.018	69	1272.0
			Pérdida Total		4505 BTU/Hr

Transferencia de calor por Muros, Techos y Pisos.

5.3 Espacios no calentados:

Bajo condiciones estables, la pérdida de calor en la cocina, hacia el garage, se igualará a la pérdida de calor del garage hacia el exterior. Sin embargo para determinar esta pérdida, es necesario, primero determinar la temperatura del garage, esta temperatura estará siempre, entre la de la cocina y la del exterior.

Para calcular la temperatura T_u en el garage se deben igualar la suma de las pérdidas del garage y la suma de las ganancias de la estructura calentada. En este caso, la pérdida de calor del garage es debida a la pérdida por los muros y la infiltración y se debe utilizar la ecuación 5-1.

La única variable desconocida en esa ecuación es T_u veamos la solución en las diapositivas siguientes.

Ecuación 5-1

$$Q_{out} = Q_{in} \quad (5-1)$$

$$\left[\sum U_o A_o + (60 \times 0.018) Q_o \right] (T_o - T_{un}) = \left(\sum U_i A_i \right) (T_{in} - T_o)$$

where,

T_{un} = temperature in unheated space, °F

T_{in} = indoor design temperature of heated room, °F

$\sum U_i A_i$ = sum of UA products for surfaces between unheated space and heated space

T_{out} = outdoor design temperature, °F

$\sum U_o A_o$ = sum of UA products for surfaces between unheated space and outdoor air design temperature

60×0.018 = (minutes per hour) times (density times specific heat for standard air), Btu·min/h·ft³·°F

Q_o = rate of introduction of outside air into unheated space by infiltration and/or ventilation, cfm



Despejando de la ecuación a T_u , se tiene:

$$T_u \left[\left(\sum U_i A_i \right) + \left(\sum U_e A_e + (60 \times 0.018) Q_o \right) \right] = T_{in} \left(\sum U_i A_i \right) + T_{out} \left(\sum U_e A_e + (60 \times 0.018) Q_o \right)$$

$$T_u = \frac{T_{in} \left(\sum U_i A_i \right) + T_{out} \left[\sum U_e A_e + (60 \times 0.018) Q_o \right]}{\left(\sum U_i A_i \right) + \left[\sum U_e A_e + (60 \times 0.018) Q_o \right]}$$

Sustituyendo por los valores se tiene:



5.4 Losas de Cimentación:

La investigación de Houghte y Dill, nos indica que el flujo de calor aproximado de las losas de cimentación, a través de un piso no aislado es de 2.0 BTU/Hr.Ft² con una diferencial de temperatura de 20 °F, entre el piso del sótano y el aire 6 pulgadas arriba de él.

Para losas de concreto en contacto con el terreno, de acuerdo a los estudios realizados, la pérdida de calor se puede calcular, tomando el valor de 0.81 BTU/Hr por cada pie lineal de la orilla expuesta, por cada °F de diferencia entre la temperatura del interior y la del exterior, de ahí que:

$$Q = (0.81 \text{ BTU/Hr.Ft.}^\circ\text{F})(32 \text{ Ft})(69 ^\circ\text{F}) = 1,788 \text{ BTU/Hr.}$$

Esto en lugar de los 512 BTU/Hr anotados en la tabla 5-1

Para pisos de mayores dimensiones, considere que 10 Ft del perimetro tendrán este desempeño térmico.

5.4 Losas de Cimentación:

Ejemplo 5-1

Problema: Determine la pérdida de calor de una losa de cimentación de 100x80 Ft con una diferencial de temperatura de 74 °F

Solución: El perímetro de esta losa es de 360 Ft que dará la pérdida de calor de:

$$Q = (0.81 \text{ BTU/Hr.Ft.}^\circ\text{F})(360 \text{ Ft})(74 \text{ }^\circ\text{F}) = 21,578 \text{ BTU/Hr}$$

Quitando el área perimetral, tenemos $80 \times 60 \text{ Ft} = 4800 \text{ Ft}^2$, de losa central que pierde $2.0 \text{ BTU/Hr.Ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$ o $4800 \times 2 = 9,600 \text{ BTU/Hr}$. Los cuales, al añadirlos a los 21,578 BTU/Hr del perímetro, dará una pérdida total de 31,178 BTU/Hr. O lo que es lo mismo una pérdida promedio de 3.9 BTU/Hr-Ft^2

Esta pérdida puede ser reducida substancialmente instalando aislamiento. Dependiendo del método de construcción como se muestra en la Figura 5-2 se podrán obtener diferentes resultados.

HNAAC

5.5 Sótanos:

El interior de los sótanos se considera acondicionado si se mantiene una temperatura de 50 °F (10 °C) o mayor durante el invierno. Ejemplo 5-1

En edificios antiguos, los muro de los sótanos no se aislaban, actualmente se instala aislamiento hasta cierta profundidad ver figura 5-3.

La pérdida de calor en sótanos, se puede estimar de utilizando los datos indicados en la tabla 5-2.

La pérdida de calor del piso en el sótano, puede ser estimada usando la tabla 5-3.

La diferencia de temperatura efectiva, para los pisos y muros del sótano, no es la misma que la de aire interior y exterior. La capacidad del terreno tiende a amortiguar los cambios de temperatura que están representados en la figura 5-4. Para estimar la temperatura promedio del terreno, vea las temperaturas de diseño de invierno y deduzca el valor de la amplitud **A** mostrado en la Figura 5-4.

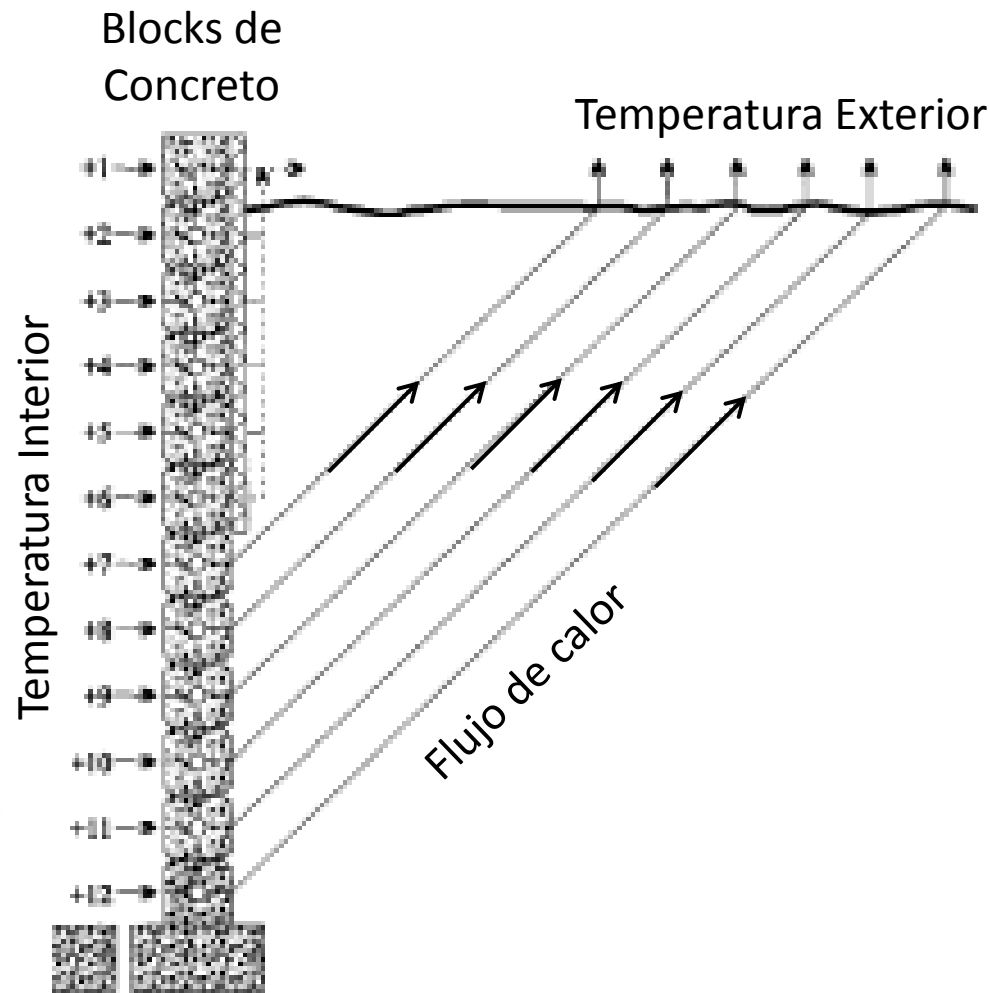


Figura 5-3 Flujo de calor para Muros de Sótano, parcialmente aislados

Tabla 5-2 Perdida de Calor en los Muros del Sótano

Profundidad (Ft)	Longitud de la trayectoria a través del suelo (Ft)	Perdida de Calor *							
		Sin aislamiento		R = 4.17		R = 8.34		R = 12.5	
0 a 1	0.68	0.410	Suma hasta profund.	0.152	Suma hasta profund.	0.093	Suma hasta profund.	0.067	Suma hasta profund.
1 a 2	2.27	0.222	0.632	0.116	0.268	0.079	0.172	0.059	0.126
2 a 3	3.83	0.155	0.787	0.094	0.362	0.068	0.240	0.053	0.179
3 a 4	5.52	0.119	0.906	0.079	0.441	0.060	0.300	0.043	0.227
4 a 5	7.05	0.096	1.002	0.069	0.510	0.053	0.353	0.044	0.271
5 a 6	8.65	0.079	1.031	0.060	0.570	0.043	0.401	0.040	0.311
6 a 7	10.28	0.069	1.150	0.054	0.624	0.044	0.445	0.037	0.348

* BTU /Hr.Ft².°F

Pérdida de calor a través de los pisos del Sótano *

Profundidad muro
de cimentación
Bajo el terreno

Lado mas corto de la casa (Ft)



* BTU/Hr.Ft².°F

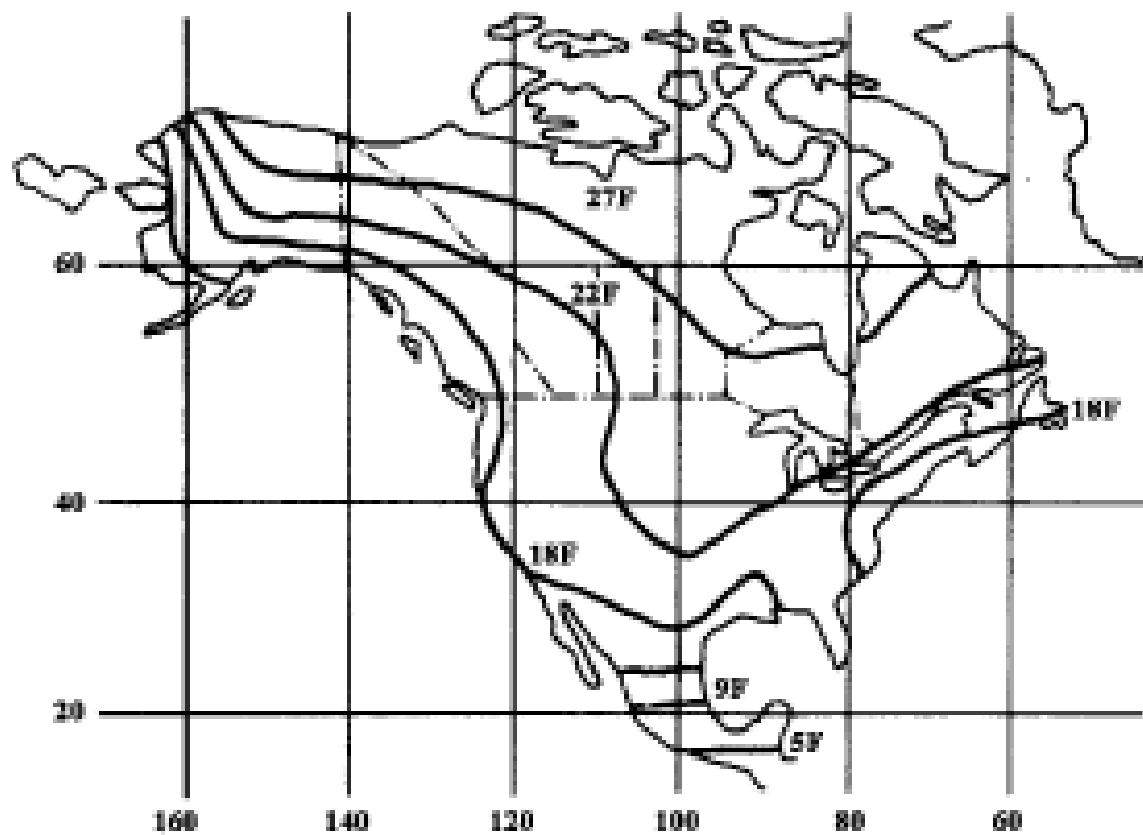


Figure 5-4. Lines of Constant Amplitude, A

5.5 Sótanos:

Ejemplo 5-2

Problema: Aplicando este método, Determine la pérdida de calor del sótano de 20x16 Ft, bajo el comedor, el piso del sótano esta 6 Ft abajo del terreno y más 16 Pulgadas abajo del piso del comedor. El aislamiento de la cimentación es de $R-8.34 \text{ Hr.Ft}^2\text{.}^\circ\text{F/BTU}$ y se extiende a 3 Ft. Bajo el nivel del terreno. La temperatura interior es de 65°F y la exterior de -4°F y la temperatura promedio de Chicago, en Invierno es de 27°F .

5.5 Sótanos:

Ejemplo 5-2

Solución: Se requiere de 3 cálculos, el muro sobre el terreno, el muro bajo el terreno y el piso del sótano. Como los muros este y oeste, son adjuntos espacios acondicionados no se tomarán en cuenta. La parte superior de 16 pulgadas de los muros norte y sur está expuesta al exterior. El valor compuesto de R es de:

$R_T = 0.68 + 1.11 + 8.34 + 0.17 = 10.3 \text{ Hr.Ft}^2\text{.}^\circ\text{F/BTU}$ de tal manera que $U = 1/R_T = 0.097 \text{ BTU/Hr.Ft}^2\text{.}^\circ\text{F}$; el área de los muros = $20\text{Ftx}(16/12)$ y la $DT = 65 - (-4) = 69 \text{ }^\circ\text{F}$.

$Q_{\text{exposed}} = U \times A \times DT = (0.097 \text{ BTU/Hr.FT}^2\text{.}^\circ\text{F}) \times (53 \text{ FT}^2) \times (69 \text{ }^\circ\text{F}) = 355 \text{ BTU/Hr}$

Para el resto del muro por debajo del terreno desarrollamos la siguiente tabulación, basados en los datos de la tabla 5-2

5.5 Sótanos:

Ejemplo 5-2

Solución: Se requiere de 3 cálculos, el muro sobre el terreno, el muro bajo el terreno y el piso del sótano. Como los muros este y oeste, son adjuntos a espacios acondicionados no se tomarán en cuenta. La parte superior de 16 pulgadas de los muros norte y sur está expuesta al exterior. El valor compuesto de R es de:

Primer Ft bajo terreno	= 0.093 BTU/Hr.Ft.°F
Segundo Ft Bajo terreno	= 0.079 BTU/Hr.Ft.°F
Tercer Ft Bajo terreno	= 0.068 BTU/Hr.Ft.°F
Cuarto Ft Bajo terreno	= 0.119 BTU/Hr.Ft.°F
Quinto Ft Bajo terreno	= 0.096 BTU/Hr.Ft.°F
Sexto Ft Bajo terreno	= 0.079 BTU/Hr.Ft.°F
Total por Ft de long.	= 0.534 BTU/Hr.Ft.°F

Dado que la longitud total de los muros es de 40 Ft la pérdida será de $(0.534 \text{ BTU/Hr.Ft.}^\circ\text{F}) \times (40 \text{ Ft}) = 21 \text{ BTU/Hr.}^\circ\text{F}$

5.5 Sótanos:

Ejemplo 5-2

Solución:

Para el piso del sótano, determinamos que el coeficiente de acuerdo a la tabla 5-3 (suponiendo 20 Ft de ancho) como 0.030 BTU/Hr.Ft².°F. El área de este piso es de 16x20 = 320 Ft² de tal manera que la pérdida total del piso será de (0.030 BTU/Hr.Ft².°F)(320 Ft²) = 9.6 BTU/Hr.°F

Para encontrar la diferencial de temperatura, iniciamos por la temperatura media en Chicago, que es de 27 °F. De la figura 5-4 estimamos la variación de amplitud, ***A***, en Chicago que es de ***A*** = 22 °F

Por lo tanto

$$DT = 65\text{ °F} - (27\text{°}-22\text{°}) = 60\text{ °F}$$

5.5 Sótanos:

Ejemplo 5-2

Solución:

De los datos obtenidos anteriormente, calculemos la pérdida de calor del sótano, como sigue:

$$Q_{\text{sótano}} = (21 + 9.6 \text{ BTU/Hr.}^{\circ}\text{F})(60^{\circ}\text{F}) = 2,191 \text{ BTU/Hr}$$

5.5 Sótanos:

Comparando con los cálculos del sótano, el análisis del comedor es mas sencillo, veamos la tabla 5-4, a continuación.

HAVAC

5.6 Crawlspace (espacio entre piso y terreno):

Ahora veamos el cálculo para la sala, la cual está localizada sobre un espacio entre piso y terreno (crawlspace) La tabla 5-5 (veámosla)



H.A.M.

5.5 Crawlspace:

Ejemplo 5-3

Problema: En la sala de nuestro ejemplo, suponga un aislamiento R-11 es añadido entre las vigas de 2x8 y bajo. Tome en cuenta que se cuenta con R= 3 por el espacio de aire entre el terreno y la parte baja del piso de la sala. Ahora calcule la pérdida a través del piso.

Solución: Del cálculo del ejemplo previo sabemos que la pérdida hacia el terreno es de 176 BTU/Hr. Segundo, calcule el factor U efectivo suponiendo que las vigas representan el 10% del área del piso, con un valor R-1.25 por el espesor de 7.5 pulgadas nos da, para las vigas una R-9.4 Hr.Ft².°F/BTU, sumando este valor a la R-3 nos permitirá calcular el valor R efectivo del piso, como sigue;

$$R_{ef} = 0.9(11 + 3) + 0.1(9.4 + 3) = 13.8 \text{ y } U_{ef} = 0.07 \text{ BTU/Hr.ft}^2.\text{°F}$$

$$Q_{\text{perímetro}} = U \times A \times \Delta T = ((0.07)(352)(65 - (-4))) = 1,700 \text{ BTU/Hr}$$

$$Q_{\text{vent}} = (\text{Camb/Hr})(\text{Cap. Por FT}^3 \text{ de Aire})$$

5.5 Crawlspace:

Ejemplo 5-3

Solución:

Luego calculemos la pérdida de calor por cambios de aire. En este ejemplo supondremos 0.67 Cambios/Hora para el crawlspace.

El volumen es: $(16/12) \times (22 \times 16) = 469 \text{ Ft}^3$

$$Q_{\text{vent}} = (\text{Camb/Hr})(\text{Cap. Por Ft}^3 \text{ de Aire})(T_i - T_o)$$

$$Q_{\text{vent}} = ((0.67 \text{ C/Hr})(469 \text{ Ft}^3)(55 - (-4))) = 334 \text{ BTU/Hr}$$

De tal manera que la pérdida total será de:

$$Q_{\text{tot}} = 176 + 614 + 334 = 1124 \text{ BTU/Hr}$$

Como revisión final veamos si nuestra suposición de 55 °F de temperatura en el crawlspace, es congruente con este valor.

5.6 Crawlspace:

Ejemplo 5-3

Solución:

$$Q_{\text{piso}} = UADT = (0.33 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.\text{°F})(16 \times 22) \text{ Ft}^2(65-55) = 1,162 \text{ BTU/Hr}$$

Ya que este valor de 1,162 BTU/hr es muy parecido al valor calculado de 1,124, podemos decir que la temperatura del crawlspace estará muy cercana a los 55 °F supuestos.

La pérdida del piso, usando este criterio de diseño es menor que los 1,700 BTU/hr calculados anteriormente, usando el método de piso aislado.

5.7 Dormers, Gables and Overhangs: (Buhardillas, Techos Dos aguas y Volados)

Habiendo completado el análisis de los cuartos del primer piso, giremos nuestra atención a las recámaras del segundo. Iniciaremos con la recámara del lado este, veamos la tabla 5-6 en la que están los cálculos en forma de resumen.

Las secciones verticales de los lados norte y sur, son solo de 3 Ft de altura debido a lo pronunciado del techo de dos aguas como se muestra en la figura 5-5. La pared este puede ser visualizada como un trapecoide con altura de 8 Ft, y con dimensiones de 9 Ft arriba y de 16 Ft abajo. No hay pérdida de calor el la pared oeste ya que es adyacente a un área acondicionada.

HAZAMOS UNIDAD AMERICA

HNAAC

5.7 (Buhardillas, Techos Dos aguas y Volados):

Ejemplo 5-5

Problema: Calcular la pérdida de calor del techo de dos aguas en el cuarto este del ejemplo

Solución: La porción plana es de 3.25x7.5 Ft, el plafond de la recámara es de 26x9 Ft. Tiene el mismo factor U que la cocina ($U = 0.04$ BTU/hr.Ft².°F) Las partes inclinadas sur y norte, (26x5.67 Ft) menos la parte sur de la buhardilla, (5.67x7.5 Ft) da un área neta de $147 + 147 - 42 = 252$ Ft². Supondremos un factor U de 0.05 BTU/Hr.Ft².°F, los resultados se muestran en la Tabla 5-6.

La buhardilla tiene detalles de construcción que requieren de nuestra atención.

5.7 (Buhardillas, Techos Dos aguas y Volados):

Ejemplo 5-5

Problema: Determinar la pérdida de calor de la Buhardilla.

Solución: Primero estimemos las dimensiones de la buhardilla de acuerdo a los datos que se muestran en la figura 5-5. las dos área a considerar son la cara de 7.5x4.67 Ft menos 20x48 pulgadas de la ventana y las dos paredes laterales de 3.25x4.67 Ft. Nótese que las dos paredes son triángulos que completan un rectángulo. El factor U supuesto es de 0.07 BTU/Hr.Ft².°F.

Para calcular la perdida de calor en el volado, se deben considerar los detalles y posición del mismo, el resultado está anotado en la tabla 5-6 con una serie de diferencias en detalle de construcción ya considerados.

5.7 (Buhardillas, Techos Dos aguas y Volados):

La recámara oeste, es muy similar y de menor grado de dificultad, ya que la mayoría de sus componentes están disponibles de los cálculos anteriores . La diferencia mayor de este cuarto es la longitud y su falta de volados. Los valores calculados se presentan en la tabla 5-7.



HNAAC

5.8 Resumen del edificio:

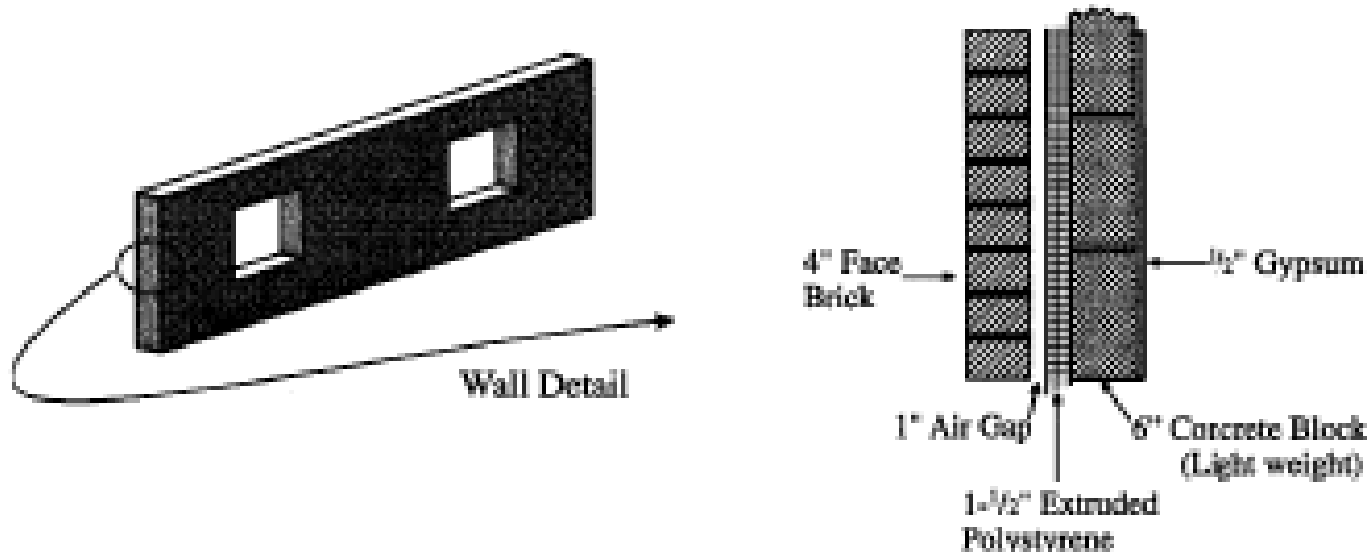
En la tabla 5-8 se presenta un resumen de las cargas de calefacción por cada zona (cuarto) este tipo de resumen será de gran utilidad para el diseñador y el contratista y dará a conocer la capacidad total del sistema de calefacción también indica la capacidad que se debe suministrar en cada zona.



www

5.9 Ejercicios:

5.01 Calcular la pérdida de calor a través de un muro de 24x8 Ft mostrado en la figura E-01 menos las dos ventanas de 30x42 pulgadas cada una, las ventanas tienen un factor $U = 0.6 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.\text{°F}$. La anterior cuando la temperatura es de 72 °F en el interior y de 21 °F en el exterior.



5.9 Ejercicios:

5.02 Determinar la temperatura en el ático no calentado de 36x28 Ft. mostrado en la figura E-02 cuando la temperatura interior es de 72 °F y la exterior es de 21 °F. Los factores U del piso y techo del ático son de 0.06 BTU/Hr.Ft².°F y 0.2 BTU/Hr.Ft².°f respectivamente, suponga una infiltración de 0.1 cambios/hora para el ático.



5.9 Ejercicios:

5.03 Determinar la pérdida de calor de una losa de cimentación de 26x38 Ft con $R=5.4 \text{ Hr.Ft}^2.^{\circ}\text{F}/\text{BTU}$ suponiendo una diferencial de temperatura de 75°F .

5.04 Determine la pérdida de calor en el área del piso del ejercicio 5-03 si esta la buhardilla del ejemplo si está localizado arriba de un espacio no ventilado (crawl space) y las 24 pulgadas de muro expuesto están aisladas hasta 3 Ft hacia abajo con aislamiento $R=5.4 \text{ Hr.ft}^2.^{\circ}\text{F}/\text{BTU}$. Suponga una temperatura exterior de -10°F .

5.9 Ejercicios:

5.05 Determine la pérdida de calor de una buhardilla mostrada en la figura E-05, cuando la temperatura interior sea de 74 °F y la temperatura exterior sea de 37 °F, La ventana de thermopane tiene un factor $U = 0.6 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.\text{°F}$. Los factores U efectivos son de $0.07 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.\text{°F}$ para techo y de $0.05 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.\text{°F}$ para los muros.

