

CONSERVACION DE ALIMENTOS
MEDIANTE FRIO. I REFRIGERACION

PROYECTO I 1182-8335

Sr. Fernando Osonio L.

Sr. Abel Guarda M.

Sr. Eduardo Castro M.

1983

CONSERVACION DE ALIMENTOS
MEDIANTE FRIO. I REFRIGERACION

Donación autores, Agosto 1984.-

PROYECTO I 7182-8335

Sr. Fernando Osorio L.

Sr. Abel Guarda M.

Sr. Eduardo Castro M.

12208

1983

PROYECTO I 1182 - 8335

"FACTIBILIDAD TECNICO-ECONOMICA DE
PRODUCTOS CONGELADOS"

Financiado por: Departamento de Desarrollo de la Investigaci
ción (DDI), Dirección General Académica.
Universidad de Chile

Investigador Responsable : Eduardo S. Castro Montero
Co-Investigador : Abel Guarda M.
Investigador Colaborador : Renato Figari D.
Investigador Colaborador : Miguel Craddock M.
Investigador Colaborador : Fernando Osorio L.
Investigador Asesor : Emma Wittig R.
Investigador Asesor : Julia Vinagre L.
Investigador Asesor : Luis López V.
Investigador Asesor : José Romero R.
Investigador Asesor : Humberto Oliver A.
Investigador Asesor : Nelba Villagrán A.

DEPARTAMENTO CIENCIAS FORMATIVAS
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS Y FARMACEUTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

I N D I C E

I	INTRODUCCION	1
II	REFRIGERACION A TEMPERATURAS SUPERIORES A LA CONGELACION	3
	2.1 Causas de la descomposición de los alimen tos	3
	2.1.1. Procesos puramente físicos	3
	2.1.2. Procesos químicos y bioquímicos	4
	2.1.3. Acción de los microorganismos	5
	2.2. Influencia de la temperatura	5
	2.3. Influencia de la humedad relativa duran te el almacenamiento	7
	2.4. Influencia de la circulación de aire ...	9
III	CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE FRIO NECESARIO PARA LA REFRIGERACION Y CONGELACION DE ALIMENTOS	10
	3.1. Cálculo de la carga de ganancia de calor..	11
	3.2. Tiempo de operación del equipo:t	13
	3.3. Carga de ganancia de calor por conducción a través de las paredes	13
	3.4. Espesor de aislación	15
	3.5. Temperatura de diseño exterior	15
	3.6. Correcciones a la temperatura de diseño exterior	16
	3.7. Cálculo abreviado para determinar la carga de ganancia de calor por las paredes	16
	3.8. Cálculo de la carga de cambio de aire	17
	3.9. Carga del producto	18

3.10. Factor de ritmo de enfriamiento	19
3.11. Calor de respiración	20
3.12. Carga miscelánea	20
1) Recipientes y materiales de empaque	20
ii) Luces	21
iii) Motores eléctricos	21
iv) Personas	21
3.13. Empleo del factor de seguridad	21
3.14. Método abreviado	22
3.15. Cálculo del tamaño del compresor	22
3.16. Cálculo del tamaño del evaporador	26
3.17. Pérdida de peso durante la refrigeración y el almacenamiento	26
3.18. Cálculo del tiempo de enfriamiento	31

ANEXO 1

Propiedades térmicas de los alimentos.

ANEXO 2

Coefficientes de transmisión de calor (U) para cuar
tos de almacenamiento frío.

ANEXO 3

Conductividad térmica de los materiales empleados en
cuartos de almacenamiento. frío.

ANEXO 4

Coefficiente de conducción de película f_0, f_1

ANEXO 5

Espesor de aislación

ANEXO 6

Factores de corrección para paredes expuestas a los rayos solares.

ANEXO 7

Ganancia de calor de pared.

ANEXO 8

Cambios de aire por veinte y cuatro horas y ganancia de calor por metro cúbico de aire externo que entra al espacio frío.

ANEXO 9

Datos de diseño para almacenamiento de alimentos

ANEXO 10

Calor de respiración de frutas y vegetales

ANEXO 11

Equivalente calorífico de motores eléctricos

ANEXO 12

Equivalente calorífico de personas

ANEXO 13

Factor de uso

ANEXO 14

Capacidades de compresores

ANEXO 15

Datos de clasificación del compresor

ANEXO 16

Temperaturas de succión a la entrada del compresor

P R O L O G O

El avance logrado en la investigación del Proyecto I 1182-8335 "Factibilidad Técnica Económica de Productos Congelados" permitió a los autores cristalizar esta segunda recopilación (i) de antecedentes sobre Refrigeración y Congelación de Alimentos.

Esta obra está orientada a constituir material de apoyo para los estudiantes de Ingeniería en Alimentos y Profesionales dedicados a este tema.

(i) "Cálculos de Tiempo de Congelación y Descongelación". 1982.

LA CONSERVACION DE ALIMENTOS MEDIANTE FRIO

I. INTRODUCCION

El cometido de la agricultura consiste en la producción de los comestibles necesarios para la alimentación de hombres y animales. Una gran parte de estos alimentos son limitadamente conservables. La tarea de la industria de alimentos; Aumentar el tiempo de conservación mediante tratamientos adecuados y permitir así la planificación del suministro de alimentos, tanto en periodos de paz como en épocas de crisis.

Dado el rápido crecimiento de la población de la tierra, no sólo debe perseguirse la transformación de las zonas desérticas en tierras fértiles, el mejor aprovechamiento de los recursos marinos y la mejora de los procedimientos agrícolas; sino que también se precisa proteger de la descomposición los alimentos producidos, conservando su sabor y su valor alimenticio.

Por razón de las diferencias de clima y de densidad de la población, habrá siempre en la tierra zonas en las que determinados alimentos se produzcan o consuman preferentemente, por lo que la industria debe cuidar que, incluso los alimentos fácilmente descomponibles puedan transportarse a grandes distancias sin disminución de su calidad.

Para conservar utilizables los alimentos se han desarrollado muchos procedimientos, algunos de los cuales datan de muchos siglos, e incluso milenios. Sin embargo, su aplicación a escala industrial co-

menzó hacia fines del siglo XVIII (Nicolas Appert descubrió en 1795 el procedimiento de conservación en latas por esterilización al calor y exclusión del aire). Al mismo tiempo se introdujeron los procedimientos de desecación artificial, que se extendieron rápidamente a los más diferentes alimentos (frutas, verduras, leche, huevos, carne, pescado, etc.). Paralelamente se desarrollaron otros métodos, como el ahumado, salado, conservación con vinagre, especia, azúcar y diversos productos químicos.

También se conocía en la antigüedad, que es posible prolongar considerablemente la duración de los alimentos conservándolos a bajas temperaturas, utilizando el frío natural (bodegas subterráneas, manantiales fríos, nieve, hielo) en el caso de ciertos alimentos y bebidas.

También se ha utilizado desde hace siglos mezclas frigoríficas (nieve con sales y ácidos); las bajas temperaturas pudieron utilizarse, en forma industrial, recién después de la invención de la máquina frigorífica, en la primera mitad del siglo XIX.

La conservación de alimentos frescos es una de las primeras aplicaciones del frío artificial. Pronto se conoció que las temperaturas por encima de 0°C sólo prolongan en forma limitada la duración de muchos alimentos, por lo que ya hacia el año 1860 se pasó a la congelación, como consecuencia del interés asociado con el comercio mundial de carne.

A diferencia de otros procedimientos, la conservación por frío es el único capaz de conseguir que el sabor natural, el olor y el aspecto de los productos apenas se diferencien del natural.

Aunque las frutas enlatadas, los pescados ahumados, la carne salada, las verduras secas, los confituras, etc. pueden ser alimentos excelentes y sabrosos, se diferencian en mucho de los productos frescos, mientras que los alimentos conservados en frío o congelados, pueden mantenerse durante meses prácticamente sin alteración, si el tratamiento es correcto.

Ciertamente que su conservación es limitada cuando se les saca de la cámara frigorífica, por lo que deben ser consumidos rápidamente.

Por lo tanto, el mantener las condiciones óptimas de almacenamiento para cada alimento, (temperatura, humedad relativa, circulación de aire), durante el tiempo que dura, presupone la organización de la llamada "Cadena de frío", que abarca el transporte, la venta al por mayor y al detalle, y el consumidor.

II. REFRIGERACION A TEMPERATURAS SUPERIORES A LA DE CONGELACION

2.1 Causas de la descomposición de los alimentos

Durante el almacenamiento se producen modificaciones de los alimentos, que disminuyen su valor y conducen finalmente a su descomposición. Entre éstas, se pueden distinguir las siguientes:

2.1.1 Procesos puramente físicos

Ante todo se debe citar aquí la evaporación del agua, que es el componente principal de la mayor parte de los alimentos rápidamente al

terables. La evaporación del agua tiene como consecuencia no sólo una pérdida de peso con el consiguiente perjuicio económico, sino que produce también la desecación y contracción de la superficie, junto con coloraciones que perjudican el aspecto de los productos, disminuyendo su valor comercial. Con la desecación progresiva, los productos se tornan pajizos y fibrosos. Muchas veces se altera también el aroma, ya que con el agua se volatilizan los componentes aromáticos que, en cantidades casi imponderables condicionan el sabor y el olor específico.

2.1.2- Procesos químicos y bioquímicos

En la conservación de alimentos animales y vegetales se producen complicados procesos químicos con intervención de enzimas. Las primeras fases de tales procesos pueden incluso aumentar la palatabilidad (Por ej. carne de animales recientemente sacrificados es tenaz y poco sabrosa). Después de la rigidez, durante el "periodo de maduración", se desarrolla todo el sabor, que debe ser mantenido todo el tiempo que sea posible. Los frutos se cosechan muchas veces antes de su completa maduración y al madurar, durante el almacenamiento, se completa la formación de azúcar, ácidos y componentes del aroma.

El almacenamiento prolongado inicia en carnes y pescados la lenta descomposición de los albuminoides, proceso que se denomina autólisis y que lleva finalmente a la descomposición. Los frutos expelen sus valiosos componentes alimenticios y aromáticos, presentándose en muchos casos fenómenos patológicos. Debido a la influencia del oxígeno del aire se producen oxidaciones de los alimentos que contienen grasas, lo que da lugar a decoloraciones y aparición de sa

bor rancio. Las modificaciones deseables (maduración) se enmascaran con el tiempo con las perjudiciales.

2.1.3. Acción de los microorganismos

Otra causa adicional de la descomposición de los alimentos durante el almacenamiento son los microorganismos: bacterias, mohos y levaduras. Las frutas son atacadas preferentemente por mohos, mientras carnes, pescados y huevos son deteriorados por bacterias.

Los componentes principales de nuestra alimentación: (hidratos de carbono, grasas, albúminas) son también alimentos para los microorganismos, cuyo metabolismo produce en los alimentos modificaciones desagradables, que hacen disminuir su valor.

El límite por encima del cual la superficie de la carne se torna gelatinosa y resulta incomedible varía de 10 a 100 millones de bacterias por cm^2 .

2.2 La influencia de la temperatura

Los procesos discutidos anteriormente, dependen en gran parte de la temperatura y se hacen más y más lentos al disminuir ésta.

La "evaporación" del agua y la pérdida de peso ligada con ella disminuyen con presión de vapor decreciente, que es a su vez más baja cuanto más baja es la temperatura (a 30°C es de 31,8 mm de Hg y a 0°C sólo 4,6 mm de Hg). Del mismo modo disminuye la presión de vapor de los componentes aromáticos volátiles.

Del estudio cinético de las reacciones químicas, se sabe que la velocidad de reacción de todos los procesos disminuyen rápidamente con

el descenso de la temperatura ($k = k_0 e^{-E/RT}$). Los coeficientes de temperatura de procesos sucesivos no son todos exactamente iguales, pero en promedio se puede aceptar que por cada 10°C que disminuya la temperatura, la velocidad de un proceso se hace 2 o 3 veces menor. Como estas reacciones significan, en la mayor parte de los casos, disminuciones del valor comercial de los alimentos, se tiene que la duración se duplica o triplica por cada 10°C de disminución en la temperatura. Si se toma 2,5 como valor promedio, se puede esperar que la mayor parte de los alimentos pueden conservarse a 0°C durante un tiempo superior a quince veces al que es posible mantenerlos a 30°C.

TABLA 1 : Variación de la velocidad de deterioro en función de la temperatura

Temperatura	30°C	20°C	10°C	0°C
Disminución de la velocidad de deterioro.	1	2,5	6,25	15,625

En el caso de algunos alimentos, el coeficiente de temperatura de los procesos químicos aumenta fuertemente en las proximidades del punto de congelación; así, los pescados pueden conservarse a 0°C durante un tiempo mucho más largo que a 1°C y a temperaturas menores que -1°C durante más tiempo que a 0°C. En algunos frutos, los coeficientes de temperatura de las reacciones superpuestas son tan diferentes entre sí que al aproximarse a 0°C se presentan alteraciones fisiológicas en el sistema, que pueden conducir a la aparición de las denominadas enfermedades por conservación en frío. (Quemazón por frío).

En lo que se refiere a crecimiento de los microorganismos a dife

rentes temperaturas, se sabe que las distintas especies prefieren ciertos intervalos de temperaturas favorables. Si se prescinde de las especies termófilas, cuya multiplicación cesa ya a 45°C , la zona más favorable para las criófilas queda entre 15°C y 20°C y para las mesófilas entre 30 y 35°C . Las especies mesófilas dejan de multiplicarse por debajo de 10°C , mientras que esto tiene lugar para las criófilas por debajo de -7°C .

Por lo tanto, puede decirse que el crecimiento de los microorganismos queda muy disminuído con temperatura decreciente, en la zona de temperatura que nos interesa. Debe destacarse, sin embargo, que muchos microorganismos no mueren ni a las temperaturas más bajas utilizadas por este sistema de conservación, por lo que comienzan de nuevo a multiplicarse en cuanto los alimentos vuelven a alcanzar temperaturas superiores.

2.3 Influencia de la humedad relativa durante el almacenamiento

Junto a la temperatura, la humedad relativa ejerce una fuerte influencia sobre la conservación de alimentos almacenados en frío. La pérdida de peso por evaporación disminuye a medida que la humedad relativa del aire aumenta en el almacén; siendo proporcional a la diferencia entre las presiones parciales de vapor de agua en el aire y en la superficie del producto almacenado. Se entiende por humedad relativa φ , la relación entre la presión parcial de vapor de agua y su presión de saturación a una temperatura dada

$$\varphi = \frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{vH}_2\text{O}} \text{ saturación}} \times 100$$

Las pérdidas de peso pueden reducirse, esencialmente, envasando los productos.

Por otra parte, humedades relativas elevadas favorecen la multiplicación de microorganismos (Fig. N° 1) especialmente a temperaturas altas de almacenamiento (1). Así por ej. las bacterias se reproducen lentamente a humedad relativa de 75 %, pero las pérdidas de peso son altas; por el contrario, para humedades relativas entre 90 - 95 % se tienen pequeñas pérdidas de peso, pero la multiplicación de las bacterias sólo puede mantenerse dentro de un límite soportable si se disminuye la temperatura de almacenamiento lo más cercana a 0°C.

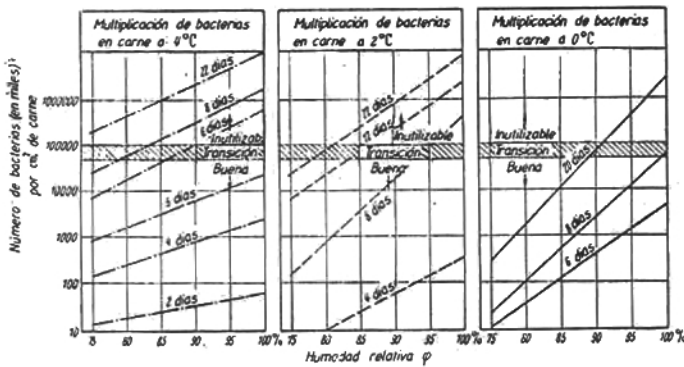


FIG. 1. Aumento de bacterias en carnes, con dependencia del tiempo, la temperatura de almacenamiento y la humedad relativa (según W. SCHMIDT).

En general, la humedad relativa puede ser tanto más elevada cuanto más baja es la temperatura. En cámaras de congelación, el contenido en vapor de agua del aire y en la superficie de los productos es muy pequeño, por lo que las diferencias entre las presiones parciales toman valores muy bajos. Las pérdidas de peso por unidad de tiempo se mantienen, por lo tanto, bajas; si bien debe contarse frecuentemente con largos periodos de almacenamiento. Rjutow cita que las pérdidas de peso de carnes y pescados congelados se reducen a la mitad al hacer la temperatura diez grados más baja.

Una desecación de la superficie, que empeora el aspecto de los productos, resulta sin embargo, muy eficaz para reducir la multiplicación de microorganismos. Tal desecación disminuye mucho el valor comercial de algunos productos ya que por ejemplo se exige que el pescado conserve su brillo y su mucosidad superficial y, que los frutos no presenten una superficie rugosa.

2.4 Influencia de la circulación de aire.

También el movimiento de aire ejerce influencia sobre la calidad y conservación de los productos sometidos a: refrigeración, congelación y almacenamiento. Por lo que se refiere a las pérdidas de peso, la evaporación del agua tiene lugar más rápidamente con circulación de aire. Para el transporte de materia son válidas las mismas leyes que para el transporte del calor. Por lo que en los procesos de refrigeración y congelación; la mayor pérdida de sustancias por unidad de tiempo, queda suficientemente compensada, con el menor tiempo de refrigeración o congelación. Es útil, por ello, el empleo de altas velocidades de circulación de aire (Rjutow da resultados de medidas hechas durante 16 meses en 10 diferentes cámaras frigoríficas, que indican que las pérdidas de peso experimentadas por pilas de carne congeladas almacenadas con circulación de aire (aire refrigerado) fueron 70 % mayores que sin circulación).

La circulación de aire impide la subida de la humedad a la superficie de los productos y coadyuda a una rápida formación de una superficie desecada que ofrecen condiciones más desfavorables a la multiplicación de las bacterias. Por esto se prefiere la circulación de aire en el almacenamiento de carne fresca por encima de 0°C (por

ej. en mataderos), y se aceptan las grandes pérdidas de peso diarias en el almacenamiento de corta duración.

También se hace uso de la circulación de aire en cámaras frigoríficas para huevos, frutas y verduras, por permitir una distribución de temperatura más homogénea que con aire en reposo.

En el almacenamiento prolongado de productos congelados, en los que se impide la multiplicación de las bacterias, es recomendable la refrigeración con aire en reposo, ésta es especialmente el caso en cámaras para pescado congelado, cuyo aspecto queda muy perjudicado por la pérdida de peso. En este caso representa una ayuda el glaseado o empaquetado del pescado, para evitar la pérdida de vapor de agua.

III CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE FRIO PARA LA REFRIGERACION Y CONGELACION DE ALIMENTOS.

Las consideraciones básicas para el cálculo de los requerimientos de frío para la conservación de alimentos refrigerados y congelados son:

- 1) El flujo de calor al espacio frío (carga de ganancia de calor).
- 2) El tamaño del evaporador necesario para remover este calor, y
- 3) El tamaño del compresor necesario para mantener el sistema en operación.

El cálculo de la carga de ganancia de calor del espacio frío determina el tamaño del evaporador y el tamaño del compresor seleccionado, a su vez, determina el tamaño del evaporador.

Para permitir hacer una estimación preliminar de los requerimientos de frío para una instalación particular, se da a continuación información sobre como calcular:

- 1) La carga de ganancia de calor en el espacio frío.
- 2) El tamaño del compresor.
- 3) El tamaño del evaporador.

A continuación, se presentan las interrelaciones entre estos tres conjuntos de cálculos, y se desarrollan métodos ilustrativos.

Para los cálculos es necesario conocer los valores de C_p , K , calor latente de fusión, punto de congelación promedio y calores de respiración de los alimentos (2) (Ver anexo 1).

3.1 Cálculo de la carga de ganancia de calor

En el cálculo de la carga de ganancia de calor total (q') en el espacio frío, se consideran las siguientes fuentes de flujo de calor al espacio frío considerado:

- i) Calor que se transmite al espacio enfriado, desde el exterior, por conducción, a través de las paredes aisladas (q'_w).
- ii) Calor entregado por el producto, al bajar su temperatura al nivel deseado (q'_p).
- iii) Calor que entra al espacio frío, con el aire exterior tibio que entra a través de las puertas, ventanas o rendijas (q'_g).
- iv) Carga miscelánea: proviene de motores eléctricos, luces, personas que trabajan en el espacio frío, calor que se introduce al espacio por radiación directa a través de cristales u otros materiales transparentes, etc. (q'_m).

No todos los factores son importantes en todas las aplicaciones; no obstante, en una aplicación dada es esencial considerar todas las fuentes de calor presentes, y que el calor proveniente de ellas se

tome en consideración en los casos generales.

Notación:

Q : cantidad de calor, [BTU]

q : flujo de calor, [BTU/h] ✓

q' : flujo de calor, [BTU/24 h]

t : tiempo

$$\text{sea } q = \frac{Q}{t} \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right]$$

$$q' = q \frac{24 \text{ h}}{24 \text{ h}}$$

$$\text{ordenando: } q' = 24 q \left[\frac{\text{h}}{24 \text{ h}} \right] \quad (\text{i})$$

Aplicando las dimensiones de q queda:

$$q' = 24 q \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h}} \frac{\text{h}}{24 \text{ h}} \right] \quad \text{de donde}$$

$$q' = 24 q \left[\frac{\text{BTU}}{24 \text{ h}} \right] \quad (\text{ii})$$

q en función de Q :

$$q' = 24 \frac{Q}{t} \left[\frac{\text{h}}{24 \text{ h}} \right] \quad (\text{iii})$$

Reemplazando q en (ii) queda:

$$q' = 24 \frac{Q}{t} \left[\frac{\text{BTU}}{24 \text{ h}} \right] \quad (\text{iv})$$

Ejemplo:

Si $Q = 32.000$ [BTU] (calor removido desde el producto), y

$t = 16$ [h] (tiempo necesario para remover el calor).

Luego,

$$q = \frac{Q}{t} = \frac{32.000}{16} \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right] = 2.000 \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right]$$

si se aplica (i):

$$q' = 24 q \left[\frac{h}{24 h} \right] = 24 \left(2.000 \frac{BTU}{h} \frac{h}{24 h} \right) = 48.000 \left[\frac{BTU}{24 h} \right]$$

y si se aplica (iii):

$$q' = 24 \frac{Q}{t} \left[\frac{h}{24 h} \right] = 24 \times \frac{(32.000 BTU)}{(16 h)} \left[\frac{h}{24 h} \right] = 48.000 \left[\frac{BTU}{24 h} \right]$$

3.2 Tiempo de Operación del Equipo : t

En aplicaciones de frío, la carga total de enfriamiento se cal
cula usualmente para un período de 24 [h] esto es en [BTU/ 24 h]

$$\left(\text{Capacidad requerida del equipo BTU/h} \right) = \frac{\text{Carga total de enfriamiento [BTU/24 h]}}{\text{tiempo de operación deseada}}$$

Cuando se usa descongelación fuera de ciclo, el tiempo de opera
ción es aprox. 16 [h]

Para sistemas que emplean descongelación automática, el tiempo
de operación máximo permisible es de 18 - 20 h para cada período de
24 h.

3.3. Carga de ganancia de calor por conducción a través de las paredes

El calor que entra al espacio frío a través de las paredes, cielo
y piso depende de:

- 1) El tipo y espesor de la aislación de los materiales de construcción.
- 2) El área de la superficie exterior del espacio frío, y
- 3) La diferencia entre la temperatura del aire dentro del espacio frío
y la del aire del exterior.

Los 3 factores están relacionados por la ecuación básica de transferencia de calor:

$$q = \frac{K \cdot A}{x} (T_2 - T_1)$$

en que:

q : flujo de calor al espacio frío [BTU/h]

A : superficie basada en las dimensiones exteriores [pie²]

T_2 : temperatura del aire exterior [°F]

T_1 : temperatura del espacio frío [°F]

x : espesor del material que rodea la región fría [pulg]

K : conductividad térmica del material que rodea la región fría:

$$\left[\frac{\text{BTU}}{\text{h pie}^2 \cdot \text{°F/pulg}} \right]$$

En general, las paredes aisladas se contruyen con dos o más materiales; luego, la ecuación anterior se debe modificar, para evaluar la contribución de los diferentes materiales al flujo térmico.

La ecuación de transferencia de calor para paredes de materiales múltiples se expresa de la siguiente manera.

$$q = UA(T_2 - T_1)$$

en que:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_o} + \frac{x_1}{K_1} + \frac{x_2}{K_2} + \dots + \frac{x_n}{K_n} + \frac{1}{f_i}} \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h pie}^2 \cdot \text{°F}} \right]$$

x_i : espesor de cada capa de material [pulg]

K_i : conductividad térmica de cada capa de material $\left[\frac{\text{BTU}}{\text{h pie}^2 \cdot \text{°F/pulg}} \right]$

q : flujo de calor [BTU/h]

A : superficie [pie²]

T_2 : temperatura del aire exterior [^oF]

T_1 : temperatura del espacio frío [^oF]

f_o : coeficiente de convección de la película de aire exterior

f_o : 6,5 (para velocidad del viento de 15 millas/h)

f_o : 1,65 (sin circulación de aire exterior)

f_i : coeficiente de convección de la película de aire interior

$f_i = 1,65$

Para los valores de (3):

U ver anexo 2

K_i ver anexo 3

f_o, f_i ver anexo 4

3.4 Espesor de aislación

Para determinar el espesor de aislación apropiado, se debe considerar factores como el tipo de aislación y su costo, el tipo de cons-
trucción, la diferencia de temperaturas, y los costos de operaciones
de los equipos de frío. Hay un punto óptimo donde los costos fijos por
aislación, construcción y equipo están balanceados con los costos de
operación, y se tiene un mínimo de costo total. (Ver anexo 5).

3.5 Temperaturas de diseño exterior

La temperatura de diseño exterior es la temperatura externa base a la
cual se calcula la carga calórica. Se define como la temperatura que no
se excede más que un porcentaje dado del tiempo y depende de la localidad
geográfica.

3.6 Correcciones a la temperatura de diseño exterior

Si el espacio frío está expuesto directamente a la luz solar, se debe agregar calor adicional a la carga calórica. Esta corrección se puede hacer en forma conveniente agregando a la temperatura de diseño el valor apropiado para las paredes y techo.

La temperatura de diseño para pisos que están directamente en el suelo, sin un espacio ventilado bajo ellos, se debería disminuir en 20°F (la temperatura de la tierra se considera que es 20°F bajo la temperatura del aire exterior).

La temperatura superficial de paredes tersas y de colores claros, será algo menor que la de las paredes algo oscuras y de textura rugosa bajo las mismas condiciones de radiación solar, para estas condiciones están determinados los factores de corrección (Ver anexo 6).

Para paredes formando ángulos con las direcciones señaladas se pueden utilizar valores promedios.

3.7 Calculo abreviado para determinar la carga de ganancia de calor por las paredes

Este método se puede usar para enfriadores pequeños y para enfriadores grandes en los cuales el factor U y la diferencia de temperatura son aproximadamente los mismo para todas las paredes.

$$\left(\begin{array}{l} \text{Carga de ganancia de} \\ \text{calor por paredes.} \end{array} \right) = \text{Area exterior} \times \text{Factor de ganancia de pared}$$

Para los factores de ganancia de pared basados sobre espesor y aislamiento de pared y sobre la diferencia de temperatura a través de la pared. (Ver anexo 7).

3.8 Cálculo de la carga de cambio de aire

La ganancia de calor del espacio frío que resulta de cambios de aire en el espacio frío es difícil de determinar con verdadera precisión y para ello se han desarrollado los siguientes métodos de estimación:

- 1) un método común usado por algunos diseñadores es estimar el cambio de aire o servicio de carga como un 15 % de la carga de ganancia de calor por la pared. Bajo ciertas condiciones, esta estimación será demasiado bajo.
- 2) Otros diseñadores usan una estimación de 20 % para servicio liviano, 33 1/3 % para servicio normal o promedio, y 50 % de la carga de ganancia de calor por la pared para servicio pesado.
- 3) Otros diseñadores razonan que el número de aberturas de puertas y los cambios de aire resultantes están relacionados con el volumen de espacio frío.

El cambio de aire o carga de servicio se calcula según los valores tabulados en el anexo 8.

Se usa la ecuación:

$$\left(q'_{s} \right) = V \cdot N \cdot (Q \text{ cft}) \left[\frac{\text{BTU}}{24 \text{ h}} \right]$$

en que:

V : volúmen de aire por cambio de aire (generalmente tomado como el volúmen interior del espacio frío. (pie³/cambio de aire).

N : número de cambios de aire por 24 h (cambios aire/24 h).

Qctf : calor extraído para enfriar el aire exterior a la temperatura del espacio frío [BTU/pie³]

3.9 Carga del producto (q' p)

Quando una masa dada de producto se enfría desde una temperatura inicial a una más baja, algunos o todos los cálculos que a continuación se presentan, se deben realizar:

a) enfriamiento del producto desde T₁ a una temperatura más baja T₂ sobre la temperatura de congelación. El calor removido es:

$$Q_{12} = W C (T_1 - T_2)$$

b) enfriamiento del producto desde T₂ sobre la temperatura de congelación a la temperatura de congelación T_f; el calor removido es:

$$Q_{2f} = W C (T_2 - T_f)$$

c) congelamiento del producto a la temperatura de congelación T_f; el calor removido es:

$$Q_f = W L$$

d) enfriamiento del producto desde la temperatura de congelación T_f a la temperatura de almacenamiento T₃; el calor removido es:

$$Q_{f3} = W C_1 (T_f - T_3)$$

e) al enfriar el producto desde la temperatura inicial T₁ directamente a la temperatura de almacenamiento T₃, el calor total removido es:

$$Q = Q_{12} + Q_{2f} + Q_f + Q_{f3} = W [C (T_1 - T_f) + L + C_1 (T_f - T_3)]$$

en que:

W : peso del producto (lb)

c : C_p sobre el punto de congelación $\left[\frac{\text{BTU}}{\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}} \right]$

c_i : C_p bajo el punto de congelación $\left[\frac{\text{BTU}}{\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}} \right]$

L : calor latente de fusión (BTU/lb)

Para convertir la cantidad total del calor removido en el tiempo "t" a la "carga del producto" q'_p , se divide "Q" por "t" y se multiplica por 24.

Para los datos de diseño de diferentes alimentos, ver anexo 9.

3.10 Factor de ritmo de enfriamiento

Durante la etapa inicial del periodo de enfriamiento, la carga sobre el equipo en [BTU/h], es considerablemente mayor que la carga horaria del producto.

Debido a la elevada diferencia de temperatura que existe entre el producto y el aire del espacio al iniciarse el periodo de enfriamiento, el ritmo de enfriamiento es mayor y la "carga del producto" (q'_p) tiende a concentrarse en la parte inicial del periodo de enfriamiento. Por lo tanto, cuando la selección del equipo se basa en la suposición de que la "carga de producto" sea distribuida uniformemente sobre el periodo total de enfriamiento, el equipo seleccionado tendrá generalmente capacidad insuficiente para sostener la carga durante los pasos iniciales de enfriamiento, cuando la "carga del producto" es máxima.

Para compensar la distribución no uniforme de la carga de enfriamiento, se introduce un factor de ritmo de enfriamiento en los cálculos de carga.

Por regla general, los factores de ritmo de enfriamiento, no se usan para las etapas finales del enfriamiento. Igualmente los factores de ritmo de enfriamiento se aplican frecuentemente sólo a la cámara de enfriamiento y no se emplean normalmente en los cálculos de "carga de producto" para cámaras de almacenamiento.

Luego:

$$Q_{12} = \frac{W C (T_1 - T_2)}{f}$$

$$Q_{2f} = \frac{W C (T_2 - T_f)}{f}$$

3.11 Calor de respiración

Las frutas y vegetales continúan vivos después de la cosecha y continúa la actividad metabólica durante el almacenamiento. El más importante de estos cambios lo produce la respiración, proceso durante el cual el O₂ de aire se combina con los carbohidratos del tejido de la planta, de lo que resulta la liberación de CO₂ y calor. Este calor liberado debe considerarse como parte de la "carga del producto" cuando se mantienen cantidades considerables de frutas y/o hortalizas en el almacenamiento.

La cantidad de calor producido por el proceso de respiración depende del tipo y temperatura de los productos. (Ver anexo 10).

q' resp = peso del producto (lb) x calor de resp $\left[\frac{\text{BTU}}{\text{lb x h}} \right]$ x 24 y su dimensión es $\left[\frac{\text{BTU}}{24 \text{ h}} \right]$

3.12 Carga miscelánea

1) Recipientes y materiales de empaque:

El calor que entregan los recipientes y materiales de empaque

debe tomarse en cuenta como parte de la carga del producto.

$$Q_{\text{empaques}} = M C_p \Delta T$$

en que:

M : masa del empaque (lb)

C_p : calor específico del material de empaque $\left[\frac{\text{BTU}}{\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}} \right]$

$$\text{ii) } \underline{\text{Luces}} \cdot q'_{\text{luces}} = \text{Watts} \times 0,86 \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{watts} \times \text{h}} \right] \times \frac{24}{\text{h}}$$

equivalencias 1 watts = 3,42 (BTU/h)

1 watts = 1 (Joule/s)

1 caloría = 4,184 (joule)

1 BTU = 252 (calorías)

iii) Motores eléctricos

$q'_{\text{motor eléctrico}} = \text{factor} \times \text{Potencia} \times 24 \text{ h}$

El factor se obtiene del anexo 11 con la potencia en [HP].

iv) Personas

$q'_{\text{personas}} = \text{factor} \times \text{número de personas} \times 24 \text{ h}$

(Ver anexo 12).

3.13 Empleo del factor de seguridad

La carga total de enfriamiento para un periodo de 24 h es la suma de las ganancias de calor calculadas anteriormente.

Es práctica común agregar de 5-10% a este valor como un factor de seguridad. Por regla general se usa 10 %.

Una vez agregado el factor de seguridad, la carga de 24 h se divide por el tiempo de operación deseado para el equipo, y así se obtiene la carga horario promedio. Esta carga horario promedio se usa como base para la selección del equipo.

3.14 Método abreviado

Cuando se usan enfriadores pequeños ($< 45 \text{ m}^3$) para almacenaje general, la carga del producto frecuentemente se desconoce y/o varía algo de un día para otro.

Cuando se emplea el método aproximado la carga de enfriamiento total se puede dividir en 2 partes:

- i) la carga de ganancia de calor por las paredes, y
- ii) la carga de uso o de servicio.

La carga de ganancia de pared se calcula como se indicó antes.

La carga de servicio se calcula por

$$\text{Carga de Servicio} = \text{Volúmen interior} \times \text{Factor de uso}$$

Los factores de uso se encuentran en el anexo 13.

No se usa factor de seguridad cuando se calcula mediante este método.

3.15 Cálculo del tamaño del compresor

La capacidad de un compresor se expresa en:

- i) toneladas de refrigeración.
- ii) en BTU/h, o
- iii) en los HP requeridos para accionar la unidad.

Las expresiones BTU/h o ton de refrigeración, sin embargo, son los más usados comúnmente en la terminología de refrigeración.

La selección del tamaño apropiado de compresores involucra la consideración de los siguientes factores:

- 1) La carga de calor total calculada.
- 2) Las horas de operación real del compresor.
- 3) La capacidad calculada del compresor.
- 4) La temperatura del refrigerante en el evaporador.
- 5) La temperatura del refrigerante en el condensador.
- 6) Los tamaños disponibles de compresores.

Analizando cada uno de estos factores se tiene:

1) Carga de calor total calculada (q^1): La carga de calor total calculada en BTU/24 h, se usa como base para determinar la capacidad de compresor en BTU/h o en ton de refrigeración.

2) Horas de operación del compresor (t_c): Los compresores generalmente no operan continuamente durante las 24 h del día, para permitir la descongelación, mantención y reparaciones.

Convencionalmente, 16 horas de operaciones del compresor por 24 horas se considera buena práctica; pero, se usan también otros tiempos de operaciones:

- a) sin ciclo de descongelación: si la temperatura del refrigerante es superior a 30°F no se formará hielo sobre los serpentes. Bajo estas condiciones la práctica general es tomar un tiempo de operación de 18 a 20 h.

b) ciclo natural de descongelación: si un ciclo de descongelación natural usa el calor del aire a 35°F o superior, se toma un tiempo de operación de 16 h.

c) ciclo de descongelación artificial.

c₁) ciclo de descongelación automático (temperatura bajo 35°F); la cantidad del calor agregada durante descongelación depende del método de operación. En ausencia de datos específicos del fabricante, se puede suponer un tiempo de operación de 16 h.

c₂) si se emplea ciclo de descongelación manual se emplea un tiempo de 18 ó 20 h.

3) Capacidad calculada del compresor: Se calcula mediante la expresión:

$$q_c = \frac{q'}{t_c}$$

$$(q') = \left[\frac{\text{BTU}}{24 \text{ h}} \right]$$

$$(q_c) = \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right]$$

o bien

$$q_{ct} = \frac{q_c}{\frac{12.000(\text{BTU})}{\text{h}} / (\text{ton de refriger})}$$

$$q_{ct} = (\text{ton de refrigeración})$$

4) Temperatura del refrigerante en el evaporador: Ya que la capacidad del compresor depende de la temperatura del refrigerante en el evaporador, se debe especificar esta temperatura al fabricante del compresor, para asegurar que el equipo seleccionado sea del tamaño adecuado. Se debe puntualizar que la práctica general aconseja una diferencia de no más de 10°F entre la temperatura del refrigerante en el evaporador y aquella del espacio frío, para prevenir la desecación del producto.

5) Temperatura del refrigerante en el condensador: La temperatura de descarga saturada de diseño, depende principalmente del tamaño del com

presor seleccionado y de la cantidad del medio condensante disponible, así como de su temperatura.

6) Selección del compresor: La evaluación matemática de todos los factores que influyen sobre la operación de un compresor no es práctica. Por lo mismo, la capacidad y las demandas de potencia de un compresor se determinan con precisión solamente mediante pruebas reales sobre el mismo.

En el anexo 14 aparecen tabulados las capacidades típicas de compresores, para ser empleada en la selección. Las capacidades se han determinado por pruebas sobre el compresor bajo condiciones de operación prescritas en las normas de pruebas y clasificación de la ASHRAE. (Ver anexo 15).

Aún cuando las capacidades de los compresores se basan sobre las temperaturas saturadas de succión y descarga, las normas de pruebas de ASHRAE requieren una cierta cantidad de sobrecalentamiento en la succión y especifican que las temperaturas reales del vapor de succión que entra al compresor sean las señaladas en el anexo 16.

Por ejemplo: para un compresor que opera con una succión saturada de -40°C , el vapor de succión deberá entrar al compresor a una temperatura de $1,67^{\circ}\text{C}$ para obtener las características de lista.

Se supone que el sobrecalentamiento ocurre en el evaporador, en la línea de succión dentro del espacio frío, de modo que produce enfriamiento útil. El sobrecalentamiento que ocurre fuera del espacio refrigerado debe ignorarse por lo que respecta a las capacidades tabuladas.

3.16 Cálculo del tamaño del evaporador

El calor requerido para la evaporación del refrigerante se suministra a la superficie del evaporador por el medio que se está enfriando. Este medio puede ser un gas, como el aire en el espacio frío; un líquido, como una solución de sal, o un sólido, como un producto cárnico.

El flujo del calor al evaporador está controlado por varios factores:

- a) tipo de evaporador (tubular, serpentín con aletas, etc.).
- b) material y tipo de construcción del evaporador.
- c) área expuesta del evaporador, y
- d) diferencia de temperaturas entre el medio y el refrigerante.

La ecuación del flujo de calor se puede expresar:

$$q_c^* = UA(T_2 - T_r)$$

de donde

$$A = \frac{q_c^*}{U(T_2 - T_r)}$$

A : área requerida para el evaporador (pie²)

q_c^* : capacidad del evaporador seleccionado (BTU/h)

U : coeficiente global de transferencia de calor (BTU/h pie² °F)

T₂ : temperatura del medio (°F)

T_r : temperatura del refrigerante en el evaporador (°F)

3.17 Pérdida de peso durante la refrigeración y el almacenamiento

Debido al contenido de agua de todos los alimentos, durante la refrigeración tiene lugar una pérdida de peso por evaporación de una par

te del agua. Aunque los alimentos pierden solamente agua, desde el punto de vista comercial esto representa una pérdida de sustancia; además una superficie desecada tiende a decolorarse y contraerse, empeorando el aspecto de la pieza, que pierde valor comercial.

Para el cálculo de la pérdida de peso ΔG (kg/h), es válida la ley fundamental de la difusión: $\Delta G = \sigma \cdot F \cdot (X - X_0)$; (a)

en que:

ΔG : pérdida de peso (kg/h)

σ : índice de evaporación (kg/m²h)

F: superficie de evaporación (m²)

X: kg vapor de agua/kg aire seco en la superficie del alimento

X₀: kg vapor de agua/kg aire seco en el aire de la cámara

Usando presiones parciales de vapor:

$$\Delta G = \beta' \cdot F \cdot (P - P_0);$$

$$\beta' = \left[\frac{gr}{h \text{ m}^2 \text{ mm Hg}} \right] = \frac{\beta}{R \ T} \quad (b)$$

C: (kg vapor/m³ de aire)

γ : peso especif. aire (kg aire/m³)

$$C = X \cdot \gamma$$

$$\sigma = \beta \gamma \quad \beta = (\text{m/h})$$

Usando concent. $\Delta G = \beta F (C - C_0)$; (c)

según la relación de Lewis para corrientes turbulentas $\sigma = \frac{h}{C_p}$

h: Coeficiente de transferencia de calor entre la superficie del alimento y el aire.

C_p: calor específico del aire húm. $\approx 0,25 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$

La pérdida de peso es más pequeña cuando mayor se hace X₀ ó P₀, ésta es proporcional a la humedad relativa del aire, por lo que ésta debe mantenerse lo más alta posible.

Sin embargo, las bacterias y mohos se multiplican rápidamente en la superficie del producto en presencia de aire muy húmedo, si encuentra temperatura favorable. Por lo tanto para altas humedades relativas se debe mantener la temperatura de la cámara tan baja como se pueda, sin que se perjudique el producto almacenado.

Debe evitarse, en general la desecación de la superficie, esto es especialmente grave en los pescados, ya que después de evaporarse la gelatina superficial, queda el pescado, de un color mate y con mal aspecto. Solamente en los casos de la carne se persigue la formación durante la refrigeración, de una delgada capa seca, pues esto disminuye la pérdida de peso durante el almacenamiento.

La pérdida de peso se puede disminuir considerablemente si se empaquetan los alimentos a almacenar; otro procedimiento para disminuir la pérdida de peso consiste en humedecer artificialmente los alimentos de mucha superficie (ensalada, espinacas, etc.). Así se evapora preferentemente esta agua de humectación. Los pescados congelados se someten a glaseado con idéntico fin.

Durante el proceso de refrigeración desempeña un papel importante la velocidad del aire w (m/s) pues influye fuertemente en el índice de evaporación σ .

Hoy se persigue realizar la refrigeración lo más rápidamente posible, por un lado para evitar modificaciones indeseables de los alimentos y por otro para aprovechar a fondo las instalaciones existentes. Por lo tanto se emplean bajas temperaturas y velocidad de circulación de aire relativamente elevadas. El coeficiente de transferencia de calor "h" crece con la potencia 0,8 de la velocidad del aire, en el caso de corrientes turbulentas. La influencia de "h" o de "w", respecti

vamente, sobre el tiempo de refrigeración es mayor cuando más pequeño es el producto.

Tamm ha medido las pérdidas de peso de piernas de bovino que se dan en la Tabla siguiente para diferentes tiempos de refrigeración.

TABLA 2: Tiempos de refrigeración y pérdidas de peso para piernas de diferentes espesor y con diferentes velocidades de aire.

Temperatura de la cámara = 0°C; = 95 %

Espesor de la pierna (m)	Tiempo de refrigeración τ_K y pérdida total de peso ΔG_{tot}	Veloc. del aire (m/s)		
		0	2	4
0,1	τ_K (h)	22,4	13,7	11,1
	ΔG_{tot} %	1,36	1,32	1,37
0,2	τ_K (h)	59,5	40,0	36,1
	ΔG_{tot} %	1,34	1,32	1,4
0,3	τ_K (h)	102,0	75,5	74,0
	ΔG_{tot} %	1,35	1,37	1,45

De las ecuaciones (a) y (b) resulta, sin embargo que la pérdida de peso por unidad de tiempo (ΔG) crece indefinidamente con crecientes velocidades del aire.

La pérdida total de peso ΔG_{tot} es proporcional al producto $\Delta G \cdot \tau_K$ y depende de la velocidad del aire de una forma bastante complicada.

TABLA 3 : Tiempos de refrigeración y pérdida de peso para piernas de 0,1 m de espesor y diferentes velocidades del aire y humedad relativa (según TAMM).

Velocidad del aire (m/seg)	Tiempo de refriger. \bar{t}_K y pérdida total de peso ΔG_{tot}	Humedad Relativa (%)					
		75	80	85	90	95	100
0	\bar{t}_K (hr)	20,1	20,7	21,3	21,8	22,4	23,0
	ΔG_{tot} %	1,53	1,49	1,45	1,40	1,36	1,32
2	\bar{t}_K (h)	12,7	13,0	13,2	13,5	13,7	14,0
	ΔG_{tot} %	1,60	1,53	1,46	1,36	1,32	1,25
4	\bar{t}_K (h)	10,3	10,5	10,7	10,9	11,1	11,3
	ΔG_{tot} %	1,69	1,61	1,53	1,45	1,37	1,29

Un aumento de la velocidad del aire desde 0 a 2 (m/s) tiene como consecuencia un considerable acortamiento de \bar{t}_K en el caso de estas piezas de poco espesor. Un aumento posterior hasta 4(m/s) produce sin embargo un pequeño efecto.

Para grandes valores de Ψ ($\Psi > 90\%$) se alcanzaron las menores pérdidas de peso para $w = 2$ (m/s), mientras que para $\Psi < 90\%$ aumentaban con w creciente, de manera cada vez más marcada.

En la ecuación (a) aparece F , la superficie del objeto a enfriar. En cuerpos geoméricamente irregulares como cuartos de bovino, medios cerdos u ovejas enteras, su determinación presenta dificultades, por lo que es deseable encontrar una relación sencilla entre la superficie F (m^2) y el peso G (k).

Para ovejas enteras, de peso entre 8 y 30 k, se puede usar una de las siguientes relaciones: $F = 0,311\sqrt{G}$ ó $F = 0,619 + 0,038G$

Para cuartos de vacunos, con pesos de 25 a 80 k, hay una fórmula de Diwakow: $F = 0,6 + 0,017 G$

3.18 Cálculo del tiempo de enfriamiento

El cálculo de este tiempo lleva consigo dificultades considerables, pero haciendo ciertas modificaciones se puede hacer un cálculo aproximado de exactitud suficiente con fines técnicos, suponiendo que la forma de los productos a enfriar es la forma geométrica definida (esferas, cilindros y prismas).

Para formas irregulares:

$$l = 0,047 \sqrt[3]{G}$$

l : dimensión buscada (m)

G : peso (kg)

Desde el punto de vista matemático, el cálculo del tiempo de enfriamiento es un problema de trasmisión estacionaria de calor en el caso de un flujo térmico polidimensional, cuya solución conduce a series infinitas que no son de uso corriente en la práctica.

BAEHR ha demostrado que es posible limitarse al primer término de la serie infinita y ha preparado tablas y diagramas que permiten un cálculo rápido del tiempo de enfriamiento para las siguientes figuras geométricas:

Esfera : en el caso de flujo de calor unidimensional

Cilindro : en el caso de flujo de calor bidimensional

Prisma : en el caso de flujo de calor tridimensional

t : temperatura

t_0 : temperatura de la cámara

t_a : temperatura inicial del producto

t_k : temperatura en el interior del producto

t_m : temperatura media final del producto

ζ : tiempo (h)

ζ_k : tiempo total de refrigeración

x, y, z : coordenadas

X, Y, Z : dimensiones principales del producto (m)

λ : coeficiente de conductividad calórica del producto $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{m h } ^\circ\text{C}} \right]$

c : calor específico del producto $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \right]$

γ : peso específico del producto $\left[\text{kg/m}^3 \right]$

$a = \frac{\lambda}{c \gamma} : \left[\text{m}^2/\text{hr} \right]$ Coeficiente de la temperatura de la conductividad.

$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$: índices de transporte del calor en la superficie del producto

$$\left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}} \right]$$

La siguiente ecuación es válida para flujo unidimensional de calor:

$$\theta = \theta_a c e^{-\mu^2 a \zeta / X} f(\mu x/X) \quad (1)$$

en que:

$$\theta = t - t_0$$

$$\theta_a = t_a - t_0$$

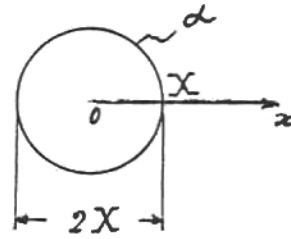
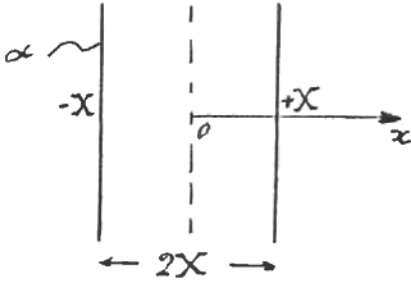
$$\theta_k = t_k - t_0$$

$$\theta_m = t_m - t_0$$

- Para la esfera : $f(\mu x/X) = \frac{\text{sen}(\mu x/X)}{\mu x/X}$

- Para el cilindro de longitud infinita $f = J_0(\mu x/X)$ J_0 : función de Bessel de primera especie y orden cero.

- Para superficie infinita $f = \cos(\mu x/X)$



Las magnitudes de μ^2 y C resultan de la condición de transporte térmico en la superficie.

$$\left(\frac{\partial \theta}{\partial x}\right)_{x=X} = \frac{a}{\lambda} (\theta)_{x=X}$$

y de la condición inicial:

$$(\theta)_{t=0} = \theta_a$$

Si en el tiempo τ_K la diferencia de temperatura es θ_K en el centro del cuerpo ($x = 0$), de la ecuación (1) se obtiene:

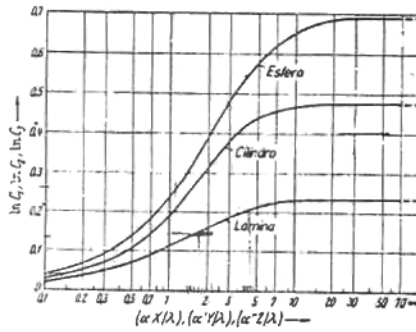
$$\theta_K = \theta_a \cdot e^{-\mu^2 \alpha \tau_K / X^2}$$

y resolviendo para τ_K

$$\tau_K = \frac{X^2}{\alpha} \frac{L\left(\frac{\theta_a}{\theta_K}\right) + Lc}{\mu^2} \quad (2)$$

La magnitud μ^2 depende de $\frac{\alpha X}{\lambda}$ que está graficada en la Fig. 2

Figura N° 2



y de la Tabla 4 se obtienen los valores de μ^2 , ν^2 o k^2

TABLA 4

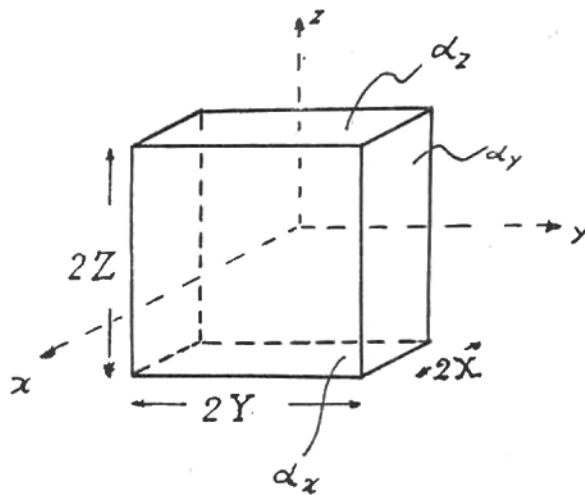
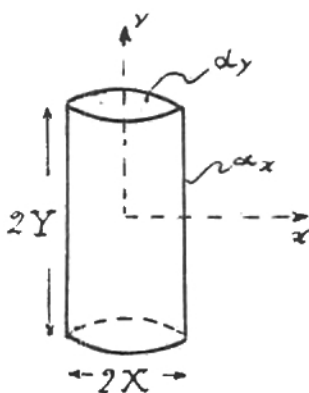
Valores de μ^2 , ν^2 , k^2 en las ecuaciones (2) y (3)			
Indices			
$\alpha_x X/\lambda$ o $\alpha_y Y/\lambda$ o $\alpha_z Z/\lambda$		μ^2, ν^2 o k^2 para	
	lámina	cilindro	esfera
0.00	0	0	0
0.01	0.0100	0.0199	0.0200
0.02	0.0199	0.0400	0.0586
0.05	0.0493	0.0986	0.148
0.07	0.0683	0.140	0.215
0.10	0.0967	0.195	0.294
0.15	0.142	0.291	0.463
0.20	0.187	0.881	0.576
0.30	0.273	0.558	0.842
0.50	0.426	0.885	1.36
0.70	0.563	1.18	1.83
1.0	0.741	1.58	2.47
1.5	0.977	2.16	3.36
2.0	1.164	2.56	4.12
3.0	1.42	3.19	5.23
5.0	1.73	3.96	6.60
7.0	1.89	4.39	7.03
10	2.04	4.75	8.04
15	2.17	5.10	8.60
20	2.24	5.24	8.91
30	2.31	5.89	9.20
50	2.86	5.56	9.48
∞	2.47	5.78	9.87

hay que tener presente las siguientes limitantes para los cuerpos geométricos.

Cilindro de longitud finita $\left\{ \begin{array}{l} \mu^2 \text{ depende de } \frac{\alpha_x X}{\lambda} \text{ columna cilindro} \\ \nu^2 \text{ depende de } \frac{\alpha_y Y}{\lambda} \text{ columna lámina} \end{array} \right.$

Prisma $\left\{ \begin{array}{l} \mu^2 \text{ depende de } \frac{\alpha_x X}{\lambda} \text{ columna lámina} \\ \nu^2 \text{ depende de } \frac{\alpha_y Y}{\lambda} \text{ columna lámina} \\ k^2 \text{ depende de } \frac{\alpha_z Z}{\lambda} \text{ columna lámina} \end{array} \right.$

Flujo térmico polidimensional



La solución de la ecuación de transporte se obtiene como producto de las soluciones unidimensionales

$$\theta = \theta_a c e^{-\frac{aG}{X^2} (\mu^2 + (\frac{X}{Y})^2 \nu^2 + (\frac{X}{Z})^2 k^2) f\left(\frac{\mu X}{X}, \frac{\nu Y}{Y}, \frac{k Z}{Z}\right)}$$

y para:

- Cilindro de longitud finita

$$f = J_0\left(\frac{\mu X}{X}\right) \cos\left(\frac{\nu Y}{Y}\right)$$

- Prisma

$$f = \cos\left(\frac{\mu X}{X}\right) \cos\left(\frac{\nu Y}{Y}\right) \cos\left(\frac{k Z}{Z}\right)$$

$$c = c_1 \cdot c_2 \cdot c_3$$

El tiempo de enfriamiento τ_k , hasta alcanzar en la mitad del cuerpo ($x=0, y=0, z=0$) la temperatura θ_k es:

$$\tau_k = \frac{X^2}{\alpha} \frac{L \left(\frac{\theta_a}{\theta_k} \right) + L c_1 + L c_2 + L c_3}{\mu^2 + \left(\frac{X}{Y} \right)^2 \nu^2 + \left(\frac{X}{Z} \right)^2 \kappa^2} \quad (3)$$

Las ecuaciones (2) y (3) no son aplicables a casos extremos.

Esto sucede cuando $\frac{\theta_a}{\theta_k} < 3$ y cuando Y o Z , son mayores que $2X$ a $3X$, donde X designa la dimensión menor. En este caso las fórmulas entregan tiempos demasiado grandes.

Ejemplo:

Refrigeración de barriles de manteca.

Naturalmente, se debe elegir aquí la forma del cilindro de longitud finita.

Supongamos que el diámetro de los barriles es de 360mm ($X = 0,18$ m), y su altura 600 mm ($Y = 0,3$ m) y que los barriles entren a la temperatura $t_a = 22^\circ\text{C}$, siendo la temperatura interna final $t_k = 3^\circ\text{C}$, y que el aire de la cámara está a $t_o = -1^\circ\text{C}$.

Entonces $\theta_a = t_a - t_o = 22 - (-1) = 23^\circ\text{C}$

$$\theta_k = t_k - t_o = 3 - (-1) = 4^\circ\text{C}$$

$$\frac{\theta_a}{\theta_k} = \frac{23}{4} = 1,75$$

Si se supone que para la manteca $\lambda = 0,12 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{m h } ^\circ\text{C}} \right]$, $c = 0,55 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \right]$,

$$\gamma = 950 \left[\text{kg/m}^3 \right]$$

$$\text{luego } a = \frac{\lambda}{c \gamma} = \frac{0,12}{0,55 \times 950} = 0,00023 \left[\frac{\text{m}^2}{\text{h}} \right]$$

Se calculará los tiempos de enfriamiento para los casos:

- a) Se supondrá que los índices de transporte de calor son iguales en todas las superficies, y tiene un valor

$$\alpha = 8 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}}$$

$$\text{luego } \frac{\alpha_x X}{\lambda} = \frac{8 \cdot (0,18)}{0,12} = 12$$

$$\frac{\alpha_y Y}{\lambda} = \frac{8 \cdot (0,3)}{0,12} = 20$$

Con estos valores se leen de la Figura 2 $L_{C_1} = 0,47$ y $L_{C_2} = 0,23$

Con estos valores se obtiene de la Tabla 4 en el cilindro $\mu^2 = 4,89$ en la lámina $\nu^2 = 2,24$

$$\text{con } \left(\frac{X}{Y}\right)^2 = \left(\frac{0,18}{0,3}\right)^2 = 0,36$$

de la ecuación (3)

$$\tau_k = \frac{X^2}{a} \frac{L\left(\frac{\theta_a}{\theta_c}\right) + L_{C_1} + L_{C_2} + L_{C_3}}{\mu^2 + (X/Y)^2 \nu^2 + \left(\frac{X}{Z}\right)^2 k^2}$$

$$\tau_k = \frac{(0,18)^2}{0,00023} \times \frac{L\left(\frac{23}{4}\right) + 0,47 + 0,23 + 0}{4,89 + \left(\frac{0,18}{0,3}\right)^2 2,24}$$

$$\underline{\underline{\tau_k = 60,5 \text{ hrs}}}$$

- b) Se supondrá $\alpha_x = 8 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}} \right]$ y $\alpha_y = 0$ para el suelo y la tapa, y

suponiendo que los barriles se apilan uno sobre otro

Luego hay flujo unidimensional de calor

y se aplica la ecuación (2)

$$\tau_k = \frac{X^2}{a} \frac{L\left(\frac{\theta_a}{\theta_c}\right) + L_C}{\mu^2}$$

$$\tau_K = \frac{(0,18)^2}{0,00023} \left[\frac{23}{4} + 0,47 \right]$$

$$\underline{\underline{\tau_K = 64 \text{ hrs}}}$$

Refrigeración de una pierna de vacuno

La forma geométrica es muy irregular

Tamm hizo cálculos usando forma esférica, obteniendo valores muy pequeños (27 hrs), que eran 3 veces menores que los experimentales.

Baehr usó forma prismática y obtuvo valores más reales.

$$X = 0,15 \text{ (m)}, \quad Y = 0,3 \text{ (m)}, \quad Z = 0,5 \text{ (m)}$$

$$\lambda = 0,43 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr m} \cdot ^\circ\text{C}} \right], \quad a = 0,00048 \frac{\text{(m}^2\text{)}}{\text{(hr)}}, \quad \alpha = 20,6 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ hr} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

$$\frac{\alpha_X X}{\lambda} = 7,2 \quad \frac{\alpha_Y Y}{\lambda} = 14,4 \quad \frac{\alpha_Z Z}{\lambda} = 24$$

$$\tau = \frac{X^2}{a} \frac{L \left(\frac{\theta^4}{\theta_K} \right) + L_{c_1} + L_{c_2} + L_{c_3}}{\mu^2 + \left(\frac{X}{Y} \right)^2 \nu^2 + \left(\frac{X}{Z} \right)^2 \kappa^2}$$

$$\tau = \frac{0,0255}{0,00048} \frac{L 40 + 0,23 + 0,23 + 0,23}{1,9 + 0,25 + 2,16 + 0,09 \cdot 2,27} = 76 \text{ hrs}$$

Los valores μ^2 , ν^2 , κ^2 de la Tabla 4 y los de C de la Fig. 2 se obtienen para lámina.

BIBLIOGRAFIA

1. R. PLANK "El empleo del frío en la industria de la alimentación. Editorial Reverté, S.A. Barcelona (1963).
2. S.L. POLLEY, O.P. SNYDER and P. KOTNOUR "A Compilation of Thermal Properties of Foods". Food Technology 34, 11, (76 - 94)(1980).
3. ROY J. DOSSAT "Principios de refrigeración" 5^a Ed. Compañía Editorial Continental, S.A. México (1970).
4. OSORIO, F.; GUARDA A.; CASTRO E. "Cálculos de tiempo de congelación y descongelación" Proyecto I 1182-8225. 1982. Departamento de Ciencias Formativas, Facultad de Ciencias Básicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile.

A Compilation of Thermal Properties of Foods

S.L. POLLEY, O.P. SNYDER, AND P. KOTNOUR

□ IT IS OFTEN NECESSARY to make reference to food thermal properties when conducting preliminary analysis in food systems design. Special emphasis on these properties is required by today's energy-conserving food service systems. In such studies, it is frequently necessary to calculate energy demand for an older method of food processing versus a new energy conserving process. Data providing specific heats above and below freezing in addition to latent heats are useful in energy demand calculations. The heats of respiration provided in this table (Table 1) will be useful in designing refrigerated storage systems. When considering the length of time that a process will take, thermal conductivity must be considered. The data compiled in the following table may serve as a reference to the thermal properties of various foods. Data obtained from 12 of the reference sources (Awbery and Griffiths, 1933; Griffiths and Cole, 1948; Keppeler and Hall, 1968; Lentz, 1961; Long, 1955; Mannheim et al., 1955; Reidy, 1968; Saravacos, 1965; Short and Staph, 1951; Smith et al., 1952; Sweat, 1974; and Turrell and Perry, 1957) are from experimental values; data from the remaining six sources (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1956-1957, and 1967; Dickerson and Read, 1968; Ordinanaz, 1946; Tukhshnaid, 1936; and Ulman, 1960) are from calculated values.

Following are definitions of the properties listed in the table:

% water content—the mass of water found in a food substance divided by the total mass of the food item.

Average freezing point—the temperature in degrees Centigrade at which the liquid and solid states of the food substance are in equilibrium at a given pressure (normally atmospheric). (°C)

Latent heat—The quantity of heat in Joules necessary to change one kilogram of liquid to solid without change of temperature, measured as J/kg.

Heat of respiration—the quantity of heat generated when a living cell of the food secures oxygen from the air or water, distributes it, utilizes it for oxidation of food materials, and gives off carbon dioxide and heat. (J/24 hr • kg).

Specific heat—the amount of heat, measured in Joules needed to raise the temperature, measured in degrees Kelvin, of one kilogram of a given food substance one degree Kelvin. (J/kg • °K).

Thermal conductivity—the quantity of heat in watts transmitted by conduction through one square meter of a homogeneous food material for each degree Kelvin difference between the surfaces of the food material. (W/m • °K)

REFERENCES

- ASHRAE. 1956-57. "Air Conditioning and Refrigeration Data Book." Am. Soc. of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, New York, N.Y.
- ASHRAE. 1967. "Handbook of Fundamentals." Am. Soc. of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, New York, N.Y.
- Awbery, J. H. and Griffiths, E. 1933. Thermal properties of meat. *J. Soc. Chem. Ind.* 52:326.
- Dickerson, R. W. Jr. and Read, R. B. Jr. 1968. Calculation and measurement of heat transfer in foods. *Food Technol.* 22(12):37.
- Griffiths, E. and Cole, D. H. 1948. Thermal properties of meat. *J. Soc. Chem. Ind.* 67:33.
- Keppeler, R. A. and Hall, C. W. 1968. Determining thermal constants of crystallizing solutions. *Food Technol.* 22(6):126.
- Lentz, C. P. 1961. Thermal conductivity of meats, fats, gelatin gels and ice. *Food Technol.* 15:243.
- Long, R. A. 1955. Some thermodynamic properties of fish and their effect on the rate of freezing. *J. Sci. Food Agr.* 6:621.
- Mannheim, H. C., Steinberg, M. P., and Nelson, A. I. 1955. Determination of enthalpies involved in food freezing. *Food Technol.* 9: 556.
- Ordinanaz, W. D. 1946. Specific heats of foods in cooling. *Food Ind.* 18(12):101.
- Reidy, G. A. 1968. Values for thermal properties of foods gathered from the literature. Ph.D. thesis, Michigan State Univ., East Lansing.
- Saravacos, G. D. 1965. Freeze-drying rates and water sorption of model food gels. *Food Technol.* 19(4):193.
- Short, B. E. and Staph, H. E. 1951. The energy content of foods. *Ice and Refrig.* 12(5):23.
- Smith, F. G., Ede, A. J. and Game, R. 1952. The thermal conductivity of frozen foodstuffs. *Mod. Refrig.* 55:254.
- Sweat, V. E. 1974. Experimental values of thermal conductivity of selected fruits and vegetables. *J. Food Sci.* 39:1080.
- Tukhshnaid, M. V. 1936. "Die Kältetechnologische verbeitung schnellverdenblicher lebensmittel ubertagen und neu berbeitet von dring." ed. Emblik. Kirchheim, N. L., Schmeiow, K. Neubeuser. Stuttgart, Germany.
- Turrell, F. M. and Perry, R. L. 1957. Specific heat and heat conductivity of citrus fruit. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 70: 261-265.
- Ulman's Encyclopaedic der Technischen Chemie. 1960, XI. Urban and Schwarzenberg, Berlin-Munich, Germany.

Paper No. 11,246, Scientific Journal Series, Minnesota Agricultural Experiment Station, St. Paul, MN 55108

All of the authors are with Dept. of Food Science and Nutrition, University of Minnesota, 1334 Eckles Ave., St. Paul, MN 55108

Table 1—THERMAL PROPERTIES OF FISH, MEAT, POULTRY, AND OTHER FOODS

Food	% Water content	Specific heat data						Thermal conductivity data			Heat of respiration data		Reference
		Average freezing point (°C)	Temperature range (°C)	Specific heat (J/kg · °K)		Temperature (°C)	Thermal conductivity (W/m · °K)	Latent heat (J/kg)	Temperature (°C)	Heat of respiration (J/24 hr · kg)			
				Above freezing	Below freezing								
Oyster (tub)	87	-2.8	—	3,770	1,930	—	—	290,800	—	—	ASHRAE (1967)		
Scallop meat	80	—	—	3,520	1,840	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Scallops	80.3	-2.2	—	3,730	2,010	—	—	269,800	—	—	ASHRAE (1967)		
Shrimp	70.8	-2.2	—	3,480	1,880	—	—	276,800	—	—	ASHRAE (1967)		
Tuna	70	—	—	3,180	1,720	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
MEATS													
Bacon	57	—	—	2,010	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)		
Fresh	20	—	—	2,090	1,260	—	—	—	—	—	ASHRAE (1967)		
Fresh lean	68	-1.7	—	3,220	1,680	—	—	232,600	—	—	ASHRAE (1967)		
Lean	51	—	0-100	3,430	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)		
Smoked	13-29	—	—	1,260-1,800	1,010-1,210	—	—	41,870-95,370	—	—	ASHRAE (1967)		
Beef													
Boiled	57	—	0-100	3,060	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)		
Dried	5-15	—	—	921-1,420	796-1,090	—	—	16,300-51,200	—	—	ASHRAE (1967)		
Fresh fat	—	-2.2	—	2,510	1,470	—	—	184,000	—	—	ASHRAE (1967)		
Fat	51	—	0-100	2,890	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)		
Horsemeat	—	—	—	—	—	—	0.4396	—	—	—	Awbery (1933)		
Kidneys	—	—	—	3,600	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)		
Lamb	71.8	—	—	—	—	5.4	0.4500	—	—	—	Reidy (1968)		
	—	—	—	—	—	61.1	0.4777	—	—	—	Reidy (1968)		
	71	—	—	—	—	5.6	0.4154	—	—	—	Reidy (1968)		
	—	—	—	—	—	61.4	0.4223	—	—	—	Reidy (1968)		
	58	-1.7	—	2,810	1,260	—	—	194,000	—	—	ASHRAE (1967)		
Fresh	60-70	-2.2 to -1.7	—	2,850-3,182	1,590-2,140	—	—	200,000-232,600	—	—	ASHRAE (1967)		
Frozen	—	—	—	—	—	—	1.125	—	—	—	Reidy (1968)		
Livers	65.5	-1.7	—	3,020	1,600	—	—	217,000	—	—	ASHRAE (1967)		
Meats, above freezing													
	—	—	—	—	—	0	0.5019	—	—	—	Lentz (1961)		
	—	—	—	—	—	5	0.5106	—	—	—	Lentz (1961)		
	—	—	—	—	—	10	0.5227	—	—	—	Lentz (1961)		
Minced meat	72	—	0-100	3,520	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)		
Mutton	90	—	0-100	3,890	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)		
Pork	75.1	—	—	—	—	6	0.4881	—	—	—	Reidy (1968)		
	—	—	—	—	—	59.3	0.5400	—	—	—	Reidy (1968)		
	—	—	—	—	—	3.8	0.4431	—	—	—	Reidy (1968)		
	—	—	—	—	—	60.7	0.4898	—	—	—	Reidy (1968)		
Fat	39	—	0-100	2,600	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)		
Fresh	60	-2.2	—	2,850	1,340	—	—	201,000	—	—	ASHRAE (1967)		
Fresh, fat	39	—	—	2,600	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)		

Table 1—THERMAL PROPERTIES OF FISH, MEAT, POULTRY, AND OTHER FOODS

Food	% Water content	Specific heat data						Thermal conductivity data			Heat of respiration data		Reference
		Average freezing point (°C)	Temperature range (°C)	Specific heat (J/kg · °K)		Temperature (°C)	Thermal conductivity (W/m · °K)	Latent heat (J/kg)	Temperature (°C)	Heat of respiration (J/24 hr · kg)			
				Above freezing	Below freezing								
Fish	—	-2.2	—	3,770	2,050	—	—	276,800	—	—	ASHRAE (1967)		
	—	—	—	—	—	2.8	0.5435	—	—	—	Reidy (1968)		
	—	—	—	—	—	0	0.5573	—	—	—	Lentz (1961)		
	—	—	—	—	—	-5	1.328	—	—	—	Lentz (1961)		
	—	—	—	—	—	-10	1.497	—	—	—	Lentz (1961)		
	—	—	—	—	—	-20	1.516	—	—	—	Lentz (1961)		
Fried	60	—	0-100	3,020	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)		
Frozen	70	-2.2	—	3,180	1,720	—	—	234,900	—	—	ASHRAE (1967)		
Beef	80	—	—	3,520	1,840	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Brock	57	—	—	2,760	1,550	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Lean perch	80	—	—	3,520	1,840	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Block	79	—	—	3,480	1,840	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Butting	82	—	—	3,600	1,840	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Beef salted	—	—	—	3,180	1,716.6	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Beef	70	—	—	3,180	1,716.6	—	—	234,900	—	—	ASHRAE (1967)		
Beef salt	16-20	—	0-100	1,720-1,840	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)		
Beef	60	—	—	2,850	1,590	—	—	—	—	—	Tukshnaid (1936)		
Beef	80	—	0-100	3,600	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)		
Beef	—	—	—	—	—	—	0.4310	—	—	—	Reidy (1968)		
Beef	—	—	—	—	—	-3.9	1.437	—	—	—	Long (1955)		
Beef	—	—	—	—	—	-1.1	0.7270	—	—	—	Long (1955)		
Beef	78	—	—	3,430	1,800	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Beef	75	—	—	3,350	1,800	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Beef kip-	70	—	—	3,180	1,720	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Beef	—	—	—	3,180	1,720	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Beef	64	—	—	2,970	1,630	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Beef	62	—	—	2,930	1,580	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Beef	75-80	—	—	3,500	1,800	—	—	—	—	—	Tukshnaid (1936)		
Beef	64	—	—	3,000	1,630	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Beef	—	—	—	—	—	-2.5	1.298	—	—	—	Reidy (1968)		
Beef	—	—	—	—	—	3.9	0.5019	—	—	—	Reidy (1968)		
Beef	—	—	—	2,930	1,630	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Beef	—	—	—	3,430	1,840	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Beef	50-56	—	—	3,320	1,300	—	—	—	—	—	Tukshnaid (1936)		
Beef	50	-2.3	—	3,180	1,840	—	—	269,800	—	—	ASHRAE (1967)		

TABLE 1 - THERMAL PROPERTIES OF FISH, MEAT, POULTRY, AND OTHER FOODS (continued)

Food	% Water content	Specific heat data						Heat of respiration data				Reference
		Average freezing point (°C)	Temperature range (°C)	Specific heat (J/kg · °K)		Thermal conductivity data		Latent heat (J/kg)	Temperature (°C)	Heat of respiration (J/24 hr · kg)		
				Above freezing	Below freezing	Temperature (°C)	Thermal conductivity (W/m · °K)					
Veal	70-80	—	—	3,350	1,930	—	—	—	—	—	ASHRAE (1967)	
	63	—	0-100	3,220	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Veal cutlet	72	—	0-100	3,430	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Veal cutlet, fried	58	—	0-100	3,100	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Venison	70	—	0-100	3,390	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
POULTRY												
Broiler muscle	—	—	—	—	—	—	0.4119	—	—	—	Reidy (1968)	
Poultry fresh and frozen	74	-2.8	—	3,310	1,550	—	—	246,600	—	—	ASHRAE (1967)	
Turkey	—	—	—	—	—	-25	1.675	—	—	—	Reidy (1968)	
	—	—	—	—	—	2.8	0.5019	—	—	—	Reidy (1968)	
	—	—	—	—	—	-20	1.615	—	—	—	Lentz (1961)	
	—	—	—	—	—	-10	1.461	—	—	—	Lentz (1961)	
	—	—	—	—	—	0	0.5227	—	—	—	Lentz (1961)	
Turkey, light meat perpendicular	—	—	—	—	—	-20	1.276	—	—	—	Lentz (1961)	
	—	—	—	—	—	-10	1.172	—	—	—	Lentz (1961)	
	—	—	—	—	—	-5	1.122	—	—	—	Lentz (1961)	
	—	—	—	—	—	0	0.4898	—	—	—	Lentz (1961)	
Turkey, dark meat perpendicular	—	—	—	—	—	-20	1.445	—	—	—	Lentz (1961)	
	—	—	—	—	—	-10	1.319	—	—	—	Lentz (1961)	
	—	—	—	—	—	-5	1.215	—	—	—	Lentz (1961)	
	—	—	—	—	—	2.8	0.5019	—	—	—	Lentz (1961)	
OTHER FOODS												
Apples	84.1	-2	0-100	3,600	1,840	—	—	281,500	4.4	—	ASHRAE (1967)	
	75-85	—	0-100	3,730-4,020	—	2.2-35.6	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Apple juice	—	—	—	3,850	—	—	—	—	—	—	Dickerson and Read (1968)	
	87.4	—	—	—	—	80	0.6317	—	—	—	Reidy (1968)	
	36.0	—	—	—	—	20	0.3894	—	—	—	Reidy (1968)	
	36.0	—	—	—	—	80	0.4361	—	—	—	Reidy (1968)	
Apple sauce	—	—	—	3,730	—	—	—	—	—	—	Dickerson and Read (1968)	
	—	—	—	—	—	29	0.5486	—	—	—	Sweat (1974)	
Apricots	85.4	-2.2	—	3,680	1,930	—	—	283,800	—	—	ASHRAE (1956-57)	
Artichokes	90.0	—	—	3,890	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Globe	83.7	-1.6	—	3,640	1,880	—	—	279,100	4.4	11,790	ASHRAE (1967)	
Jerusalem	79.5	-2.5	—	3,480	1,840	—	—	265,200	—	—	ASHRAE (1967)	
Asparagus	93.0	-1.2	—	3,940	2,010	—	—	311,700	4.4	13,600-26,900	ASHRAE (1967)	
Avocados	94.0	-2.7	—	3,810	2,050	—	—	316,300	15.6	15,400-46,200	ASHRAE (1967)	
	—	—	—	—	—	—	0.4292	—	—	5,350-6,400	Sweat (1974)	

-Continued on page 82

A Compilation of Thermal Properties of Foods . . .

Table 1.—THERMAL PROPERTIES OF FISH, MEAT, POULTRY AND OTHER FOODS (CONTINUED)

Food	% Water content	Specific heat data					Thermal conductivity data			Heat of respiration data		Reference
		Average freezing point (°C)	Temperature range (°C)	Specific heat (J/kg · °K)		Temperature (°C)	Thermal conductivity (W/m · °K)	Latent heat (J · kg)	Temperature (°C)	Heat of respiration (J/24 hr · kg)		
				Above freezing	Below freezing							
Bananas	74.8	-2.2	—	3,350	1,760	—	—	251,200	20	—	ASHRAE (1967); Sweat (197)	
Beans	—	—	—	—	—	—	—	0.4811	—	—	—	
Dried	12.5	—	—	1,350	1,010	—	—	41,900	4.4	11,280; 13,260	ASHRAE (1967); Ullmar (1960)	
Fresh	90	-18	—	3,935	2,390	—	—	—	—	—	—	
Lima	66.5	-1.1	—	3,060	1,680	—	—	218,600	0	3,140; 4,770	ASHRAE (1967)	
String	88.9	-1.3	—	3,810	1,970	—	—	297,700	4.4	5,001; 7,090	ASHRAE (1967)	
Beets	87.6	-2.8	—	3,770	1,680	—	—	293,100	4.4	3,140; 4,770	ASHRAE (1967); Sweat (197)	
Berries	—	—	—	—	—	28	0.6006	—	—	—	—	
Dried	84-90	—	0-100	2,140	—	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)	
Fresh	75-85	—	0-100	3,730; 4,100	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Blackberries, Logan	85.3	-30.2	—	3,680	1,680	—	—	283,800	—	—	ASHRAE (1967)	
	82.9	-1.4	—	3,600	1,880	—	—	274,500	—	—	ASHRAE (1967); Reidy (1968)	
Blackberry syrup	—	—	—	3,530	—	—	—	—	—	—	—	
Blueberries	82.3	-1.9	—	3,600	1,880	—	—	274,500	0	1,510; 2,560	ASHRAE (1967); Reidy (1968)	
Blueberry syrup	—	—	—	3,340	—	—	—	—	—	—	—	
Bones	—	—	0-100	1,680; 2,510	—	—	—	—	—	—	Turrell and Perry (1957)	
Bread	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
White	44-45	—	0-100	2,720; 2,850	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Brown	48.5	—	0-100	2,850	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Broccoli	89.9	-1.6	—	3,850	1,970	—	—	302,400	4.4	12,800; 19,800	ASHRAE (1967); Smith et al. (1952)	
	—	—	—	—	—	-6.6	0.3808	—	—	—	—	
Broth	—	—	0-100	3,100	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Brussels sprouts	84.9	-6	—	3,680	1,670	—	—	283,800	4.4	6,980; 12,800	ASHRAE (1967)	
Butter	—	—	—	1,380	1,050	—	—	53,500	—	—	ASHRAE (1967)	
	14-15.5	—	0-100	2,050; 2,150	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Butterfat	—	—	—	—	—	—	—	0.1973	—	—	Reidy (1968)	
Cabbage	92.4	-5	—	3,940	1,970	-10.6-10	0.1679	—	—	—	Lentz (1961)	
	—	—	—	—	—	—	—	307,000	4.4	1,980	ASHRAE (1967)	
Cabbage soup	—	—	0-100	3,100	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Cantaloupe	92.7	-1.7	—	3,940	2,010	—	—	307,000	4.4	2,330	ASHRAE (1967)	
	—	—	—	—	—	—	—	0.5711	—	—	Sweat (1974)	
Carrots	88.2	-1.3	—	3,770	1,930	—	—	293,000	0	2,440	ASHRAE (1967)	
	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4	4,070	ASHRAE (1967)	
Bunch	86-90	—	—	3,890	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	

Table 1 (continued)

Food	% Water content	Specific heat data					Thermal conductivity data			Heat of respiration data		Reference
		Average freezing point (°C)	Temperature range (°C)	Specific heat (J/kg · °K)		Temperature (°C)	Thermal conductivity (W/m · °K)	Latent heat (J/kg)	Temperature (°C)	Heat of respiration (J/24 hr · kg)		
				Above freezing	Below freezing							
Boiled	92	—	—	3,770	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Fresh	86-90	—	0-100	3,810-3,940	—	—	0.6058	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Puree	—	—	—	—	—	—	1.263	—	—	—	Reidy (1968)	
Castor oil	—	—	20	1,820	—	—	0.1800	—	—	—	ASHRAE (1967)	
Flower	91.7	—	-1.1	3,890	1,970	—	—	307,000	4.4	5,230	ASHRAE (1967)	
Veriac	88.3	—	—	3,810	1,930	—	—	293,100	—	—	ASHRAE (1956-57)	
Very	93.7	-1.3	—	3,980	2,010	—	—	314,000	4.4	1,860	ASHRAE (1967)	
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,790	ASHRAE (1967)	
Ice	37-38	-2.2	—	2,090	1,300	—	—	125,600	—	—	ASHRAE (1967)	
Limburger	55	-7.2	—	2,930	1,680	—	—	200,000	—	—	ASHRAE (1967)	
Roquefort	55	-16.1	—	2,720	1,340	—	—	183,800	—	—	ASHRAE (1967)	
Swiss	55	-9.4	—	2,680	1,510	—	—	183,800	—	—	ASHRAE (1967)	
Nonfat	50	—	—	2,680	1,470	—	—	—	—	—	Tukshnaid (1936)	
Cranberries	83	-3.3	—	3,650	1,890	—	—	279,100	—	—	ASHRAE (1967)	
Cherry juice	—	—	—	3,850	—	—	—	—	—	—	Dickerson and Read (1968)	
Chocolate (coating)	55	29.4-35	—	1,260	2,300	—	—	93,040	—	—	ASHRAE (1967)	
Tron oil	—	—	5.6	1,830	—	—	—	—	—	—	ASHRAE (1967)	
Cocoa, beverage	—	—	0-100	1,840	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Worm, Dried	10.5	—	—	1,170	963	—	—	34,890	—	—	ASHRAE (1967)	
Green	73.9	-1.7	—	3,310	1,760	—	—	246,600	0	8,370-13,100	ASHRAE (1967)	
	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4	12,300-15,400	ASHRAE (1967)	
Sweet	—	—	—	3,320	1,770	—	—	—	—	—	Mannheim et al. (1955)	
Yellow dent	—	—	—	—	—	—	0.1405	—	—	—	Reidy (1968)	
Ranberries	87.4	-2.6	—	3,770	1,930	—	—	288,400	—	—	ASHRAE (1967)	
Cream												
Sweetened	75	—	—	3,560	2,090	—	—	—	—	—	Tukshnaid (1936)	
15% fat	—	—	—	3,850	—	—	—	—	—	—	Tukshnaid (1936)	
30% fat	—	—	—	3,890	—	—	—	—	—	—	Tukshnaid (1936)	
40% fat	73	-2.2	—	3,560	1,680	—	—	209,300	—	—	ASHRAE (1967)	
60% fat	—	—	—	4,150	—	—	—	—	—	—	Tukshnaid (1936)	
40-60% fat	57-75	—	0-100	3,080-3,270	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Ice cream	53-66	-17.8 to -2.8	—	3,270	1,880	—	—	223,300	—	—	ASHRAE (1967)	

Continued on next page

Table 1.—THERMAL PROPERTIES OF FISH, MEAT, POULTRY, AND OTHER FOODS (continued)

Food	% Water content	Specific heat data				Thermal conductivity data		Heat of respiration data			Reference
		Average freezing point (°C)	Temperature range (°C)	Specific heat (J/kg · °K)		Temperature (°C)	Thermal conductivity (W/m · °K)	Latent heat (J/kg)	Temperature (°C)	Heat of respiration (J/24 hr · kg)	
				Above freezing	Below freezing						
Sour cream	57.73	—	—	2,930	1,260	—	—	—	—	—	Tukushnaid (1936)
Cream cheese	80	—	—	2,930	1,880	—	—	—	—	—	Tukushnaid (1936)
Cucumber	97	—	0-100	4,103	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Curd, cottage cheese	60.70	—	0-100	3,270	—	—	0.5988	—	—	—	Sweet (1974)
Currants	—	—	—	—	—	—	0.3098	—	—	—	Ordinanz (1946), Smith, et al. (1952)
Dates											
Dried	20	-20.1	—	1,510	1,090	—	—	67,450	—	—	ASHRAE (1967)
Fresh	78	—	—	3,430	1,800	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)
Dewberries	—	-1.6	—	—	—	—	—	—	—	—	ASHRAE (1967)
Dough	—	—	—	1,880-2,180	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Egg											
Crated	—	-2.8	—	3,180	1,680	—	—	232,600	—	—	ASHRAE (1967)
Dried, sprayed albumin	6	—	—	1,050	—	—	—	20,930	—	—	ASHRAE (1967)
Fermented albumin	3-15	—	—	921-1,340	—	—	—	9,304-48,850	—	—	ASHRAE (1967)
Frozen	—	-2.8	—	1,720	—	—	—	232,600	—	—	ASHRAE (1967)
Frozen, whole	—	—	—	—	—	-8	0.9692	—	—	—	Smith, et al. (1952)
White	—	—	—	—	—	—	0.5573	—	—	—	Smith, et al. (1952)
Yolk	—	—	0-100	3,850	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Yolk, dried	3	—	—	921	879	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)
Eggplant (thawed and refrozen)	92.7	-9	—	3,940	2,010	—	—	307,000	—	—	ASHRAE (1967)
Endive (escarole)	93.3	-6	—	3,940	2,010	—	—	307,000	—	—	ASHRAE (1967)
Figs											
Dried	24	—	—	1,630	1,130	—	—	79,080	—	—	ASHRAE (1967)
Fresh	78	-2.7	—	3,430	1,800	—	—	260,500	—	—	ASHRAE (1967)
Flour	12-13.5	—	0-100	1,800-1,880	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Wheat	8.8	—	—	—	—	—	0.4500	—	—	—	Reidy (1968)
Fruits											
Fresh	75-92	—	0-100	3,350-3,770	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Dried	30	—	0-100	2,090	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Garlic, dry	74.2	-3.7	—	3,310	1,760	—	—	246,600	—	—	ASHRAE (1967)

—Continued on page 86

TABLE 1.—THERMAL PROPERTIES OF FISH, MEAT, POULTRY, AND OTHER FOODS (continued)

Food	% Water content	Specific heat data					Thermal conductivity data			Heat of respiration data		Reference
		Average freezing point (°C)	Temperature range (°C)	Specific heat (J/kg · °K)		Temperature (°C)	Thermal conductivity (W/m · °K)	Latent heat (J/kg)	Temperature (°C)	Heat of respiration (J/24 hr · kg)		
				Above freezing	Below freezing							
Gelatin, freeze dried	—	—	—	—	—	—	1 7080	—	—	—	Saravacos (1965)	
Atmospheric pressure	—	—	—	—	—	—	1 5940	—	—	—	Saravacos (1965)	
Bone dry	—	—	—	—	—	—	0 609	—	—	—	Saravacos (1965)	
Vacuum bone dry	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Saravacos (1965)	
Gooseberries	88.3	-1.7	—	3,770	1,930	—	—	293,100	—	—	ASHRAE (1967)	
Dry	—	—	—	—	—	—	0.2769	—	—	—	Smith, et al. (1952)	
Frozen	—	—	—	—	—	—	0.02769	—	—	—	Smith et al (1952)	
Wet	—	—	—	—	—	—	0.3288	—	—	—	Smith, et al. (1952)	
Grains	15-20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
	15-20	—	0-100	—	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Grapefruit	88.8	-2	—	3,810	1,930	—	—	293,100	—	—	ASHRAE (1967)	
Grapefruit (mash)	—	—	—	3,710	—	—	1,3500	—	—	—	Turrell and Perry (1957)	
Grapes American type	81.9	-2.5	—	3,600	1,840	—	—	269,800	—	—	ASHRAE (1967)	
European type	81.7	-3.2	—	3,600	1,840	—	—	269,800	—	—	ASHRAE (1967)	
Grape juice	—	—	4.4-32.2	3,810	—	—	—	—	—	—	Dickerson and Read (1968)	
Honey	—	—	—	—	—	2	0.5625	—	—	—	Reidy (1968)	
	80.0	—	—	—	—	2	0.5019	—	—	—	Reidy (1968)	
	14.8	—	—	—	—	69	0.6230	—	—	—	Reidy (1968)	
	80.0	—	—	—	—	69	0.4154	—	—	—	Reidy (1968)	
Horseradish	73.4	-3.1	—	3,270	1,760	—	—	246,600	—	—	Reidy (1968)	
Ice	—	—	—	—	—	-25	2.4230	—	—	—	Lentz (1961)	
	—	—	—	—	—	-20	2.3880	—	—	—	Lentz (1961)	
	—	—	—	—	—	-15	2.3370	—	—	—	Lentz (1961)	
	—	—	—	—	—	-10	2.3620	—	—	—	Lentz (1961)	
	—	—	—	—	—	-5	2.2670	—	—	—	Lentz (1961)	
	—	—	—	—	—	0	2.2150	—	—	—	Lentz (1961)	
Kale	86.6	—	—	3,730	1,930	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)	
Kohlrabi	90.1	-1.1	—	3,850	1,980	—	—	297,700	—	—	ASHRAE (1967)	
Lard	—	—	—	2,180	—	—	—	—	—	—	ASHRAE (1967)	
Leeks, green	38.2	-1.6	—	3,770	1,930	—	—	293,100	—	—	ASHRAE (1967)	
Leek	92	—	0-100	3,980	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Lemons	89.3	-2.2	—	3,850	1,930	—	—	295,400	4.4	942	ASHRAE (1967)	
Lemon (Eureka)	—	—	—	3,740	—	—	1.817	—	—	—	Turrell and Perry (1957)	
Lentils	12	—	0-100	1,840	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
Lettuce	94.8	-0.4	—	4,020	2,010	—	—	316,300	—	—	ASHRAE (1967)	

Table 1 (continued)

Food	% Water content	Specific heat data					Thermal conductivity data		Heat of respiration data			Reference
		Average freezing point (°C)	Temperature range (°C)	Specific heat (J/kg · °K)		Temperature (°C)	Thermal conductivity (W/m · °K)	Latent heat (J/kg)	Temperature (°C)	Heat of respiration (J/24 hr · kg)		
				Above freezing	Below freezing							
	86	-1.7	—	3,730	1,930	—	—	283,800	—	—	ASHRAE (1967)	
	—	—	—	—	—	—	—	—	15.6	3,450	ASHRAE (1967)	
Sud	—	—	—	—	—	—	0.4900	—	—	—	Sweat (1974)	
oni	12.3-13.5	—	C-100	1,840	1,880	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
ees	93	0	—	3,770	1,930	—	—	311,700	—	—	Ordinanz (1946)	
sugar	5	—	—	1,010	879	—	—	16,280	7.2	1,650	ASHRAE (1967)	
syrup	36	—	—	2,050	1,300	—	—	121,000	—	—	ASHRAE (1967)	
rine	9-15	—	0-100	1,760-2,090	—	—	0.2340	—	—	—	Ordinanz (1946)	
is												
dew	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
honey-	92.6	-6.7	—	3,940	2,010	—	—	307,000	—	—	ASHRAE (1967)	
melons	92.7	-1.7	—	3,940	2,010	—	—	307,000	—	—	ASHRAE (1967)	
melons	92.1	-1.6	—	4,060	2,010	—	—	307,000	—	—	ASHRAE (1967)	
	87.5	-0.6	—	3,890	2,050	—	—	288,400	—	—	ASHRAE (1967)	
% fat	—	—	—	—	—	—	0.5296	—	—	—	Reidy (1968)	
n-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
sted.	—	—	—	—	—	—	20	0.5054	—	—	Reidy (1968)	
% fat	—	—	—	—	—	—	78.2	0.6404	—	—	Reidy (1968)	
densed	—	—	—	—	—	—	24.2	0.5711	—	—	Reidy (1968)	
water	—	—	—	—	—	—	26	0.3288	—	—	Reidy (1968)	
% water	—	—	—	—	—	—	78.4	0.3635	—	—	Reidy (1968)	
% water	—	—	—	—	—	—	26.7	0.5365	—	—	Reidy (1968)	
at dry	4.2	—	—	—	—	—	39.1	0.4188	—	—	Reidy (1968)	
hard	4.2	—	—	—	—	—	20	0.5573	—	—	Reidy (1968)	
1-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
% fat	—	—	—	—	—	—	50	0.5919	—	—	Reidy (1968)	
	—	—	—	—	—	—	80	0.6196	—	—	Reidy (1968)	
	87.5	—	0-100	3,850	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
	91	—	0-100	3,980-4,020	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
	91	—	—	3,980	2,510	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)	
ms	91.1	-1	—	3,890	1,970	—	—	302,400	—	—	ASHRAE (1967)	
	—	—	—	—	—	—	—	—	10	25,600	ASHRAE (1967)	
	—	—	—	—	—	—	—	—	1.7	1,160	ASHRAE (1967)	
	30	—	0-100	2,350	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
	90	—	0-100	3,940	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)	
dried	—	—	—	—	—	—	0.0343*	—	—	—	Keppeler and Hall (1968)	
	—	—	—	—	—	—	0.0196*	—	—	—	Keppeler and Hall (1968)	
	—	—	—	—	—	—	0.0111*	—	—	—	Keppeler and Hall (1968)	
nes	82.9	-1.7	—	3,770	2,050	—	—	276,800	—	—	ASHRAE (1967)	
	—	—	—	—	—	—	8.6	0.5850	—	—	Sweat (1974)	

* 1 mm hg

1 mm hg

—Continued on next page

TABLE 1. THERMAL PROPERTIES OF FISH, MEAT, POULTRY, AND OTHER FOODS (continued)

Food	% Water content	Specific heat data						Thermal conductivity data			Heat of respiration data		Reference
		Average freezing point (°C)	Temperature range (°C)	Specific heat (J/kg · °K)		Temperature (°C)	Thermal conductivity (W/m · °K)	Latent heat (J/kg)	Temperature (°C)	Heat of respiration (J/24 hr · kg)			
				Above freezing	Below freezing								
Nuts, dried	3-10	—	—	879-1,210	796-1,010	—	—	10,000-32,600	1.7	1.160	ASHRAE (1967)		
Oatmeal or rolled oats													
Dry form	8.7	—	—	—	—	—	0.6404	—	—	—	Reidy (1968)		
Oats	89.8	—	—	3,850	1,930	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Oleomargarine	15.5	—	—	1,340	1,050	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Olives, fresh	75.2	-1.9	—	3,350	1,760	—	—	251,200	—	—	ASHRAE (1967)		
Olive oil	—	—	—	—	—	15.6	0.1887	—	—	—	Tukhsnaid (1936)		
	—	—	—	—	—	100	0.1627	—	—	—	Tukhsnaid (1936)		
	—	—	—	—	—	15.6	0.1887	—	—	—	Tukhsnaid (1936)		
Onions	87.5	-1.1	—	3,770	1,930	—	—	288,400	0	814-1,280	ASHRAE (1967)		
	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4	—	ASHRAE (1967)		
	80-90	—	0-100	3,600-3,890	—	—	—	—	—	—	Sweat (1974)		
	—	—	—	—	—	8.6	0.5746	—	—	—	Saravacos (1965)		
Oranges	87.2	-2.2	—	3,770	1,930	—	—	288,400	0	925	ASHRAE (1967)		
	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4	2,010	ASHRAE (1967)		
Peeled	—	—	—	—	—	28	0.5800	—	—	—	Sweat (1974)		
Orange juice	—	-1.2	4.4-32.2	3,890	—	—	—	—	—	—	Keppeler and Hall (1968)		
Frozen	—	—	—	4,605	4,605	-18	2.3880	—	—	—	Reidy (1968)		
Papayas	90.8	—	—	3,430	1,970	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)		
Parsley	65-95	—	—	3,180-4,060	—	—	—	—	—	—	Ordmanz (1946)		
Parsnips	78.6	-1.7	—	3,520	1,930	—	—	260,500	—	—	ASHRAE (1967)		
Peaches	86.9	-1.4	—	3,770	1,930	—	—	288,400	4.4	2,020	ASHRAE (1967)		
	—	—	—	—	—	28	0.5815	—	—	—	Sweat (1974)		
Peanut oil	—	—	—	—	—	3.9	0.1679	—	—	—	Reidy (1968)		
Pear	—	—	—	—	—	8.7	0.5954	—	—	—	Sweat (1974)		
Pear juice	—	—	—	—	—	20	0.4760	—	—	—	Dickerson and Read (1968)		
	—	—	—	—	—	80	0.5365	—	—	—	Dickerson and Read (1968)		
Pearl barley	—	—	0-100	2,810-2,850	—	—	—	—	—	—	Ordmanz (1946)		
Pears (Bartlett)	83.5	-1.9	—	3,600	1,880	—	—	274,500	0	895-51	ASHRAE (1967)		
Peas													
Air dried	14	—	0-100	1,840	—	—	—	—	—	—	Ordmanz (1946)		
Black-eyed	—	—	—	—	—	2.8-16.7	0.3115	—	—	—	Reidy (1968)		
Dried	9.5	—	—	1,170	921	—	—	32,600	—	—	ASHRAE (1967)		
Green	74.3	-1.1	—	3,308	1,760	—	—	246,600	0	15,400	ASHRAE (1967)		
	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4	18,600	ASHRAE (1967)		

—Continued on page 90

A Compilation of Thermal Properties of Foods . . .

Table 3—THERMAL PROPERTIES OF FISH, MEAT, POULTRY, AND OTHER FOODS (continued)

Food	% Water content	Specific heat data					Thermal conductivity data			Heat of respiration data		Reference
		Average freezing point (°C)	Temperature range (°C)	Specific heat (J/kg · °K)		Temperature (°C)	Thermal conductivity (W/m · °K)	Latent heat (J/kg)	Temperature (°C)	Heat of respiration (J/24 hr · kg)		
				Above freezing	Below freezing							
Pectin, 5% freeze dried												
Vacuum, bone dry	—	—	—	—	—	—	0.4967	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Atmospheric pressure, bone dry	—	—	—	—	—	—	1.5840	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Atmospheric pressure, 52% RH	—	—	—	—	—	—	1.6180	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Pectin, 10% freeze dried												
Vacuum, bone dry	—	—	—	—	—	—	0.7200	—	—	—	—	Saravacos (1965)
Atmospheric pressure, bone dry	—	—	—	—	—	—	1.814	—	—	—	—	Saravacos (1965)
Atmospheric pressure, 52% RH	—	—	—	—	—	—	1.9610	—	—	—	—	Saravacos (1965)
Pectin, 5% glucose, 5% freeze dried												
Vacuum, bone dry	—	—	—	—	—	—	0.7408	—	—	—	—	Saravacos (1965)
Atmospheric pressure, bone dry	—	—	—	—	—	—	1.9900	—	—	—	—	Saravacos (1965)
Atmospheric pressure, 52% RH	—	—	—	—	—	—	2.0700	—	—	—	—	Saravacos (1965)
Peppers, sweet	92.4	-1.1	—	3,940	1,970	—	—	307,000	4.4	5,470	—	ASHRAE (1967)
Peppers, chili (dry)	12.0	—	—	1,260	1,010	—	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)
Persimmons	78.2	-2.1	—	3,520	1,800	—	—	260,500	—	—	—	ASHRAE (1967)
Pineapple	—	—	—	—	—	—	0.5486	—	—	—	—	Sweet (1974)
Pineapples, ripe	85.3	-1.4	—	3,680	1,880	—	—	283,800	—	—	—	ASHRAE (1967)
Plums, incl. fresh prunes	85.7	-2.2	—	3,680	1,880	—	—	286,100	—	—	—	ASHRAE (1967)
Plums												
Blue	—	—	—	—	—	—	0.5504	—	—	—	—	Smith, et al (1952)
Dried	28-35	—	0-100	2,220	2,470	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Fresh	75-78	—	0-100	3,520	—	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Large	—	—	—	—	—	—	0.2423	—	—	—	—	Smith, et al (1952)
Small, firm and dry	—	—	—	—	—	—	0.2942	—	—	—	—	Smith, et al (1952)
Pomegranates	77	-2.2	—	3,680	2,010	—	—	260,500	—	—	—	ASHRAE (1967)
Popcorn, un-popped	13.5	—	—	1,300	1,010	—	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)
Poppy, oil	—	—	—	—	—	—	0.1693	—	—	—	—	Saravacos (1965)
Porridge (buckwheat)	—	—	0-100	3,220-3,770	—	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Potatoes, white	77.8	-1.7	—	3,430	1,800	—	—	258,200	0	1,510	—	ASHRAE (1967)
	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4	2,090	—	ASHRAE (1967)

ANEXO 1

PROPIEDADES TERMICAS DE LOS ALIMENTOS

Table 1 (continued)

Food	% Water content	Specific heat data						Heat of respiration data			Reference
		Average freezing point (°C)	Temperature range (°C)	Specific heat (J/kg · °K)		Thermal conductivity data		Latent heat (J/kg)	Temperature (°C)	Heat of respiration (J/24 hr · kg)	
				Above freezing	Below freezing	Temperature (°C)	Thermal conductivity (W/m · °K)				
Potatoes	14	—	0-100	1.840	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Boiled	75	—	0-100	3.520	—	—	1.0900	—	—	—	Reidy (1968)
Potato, raw fresh	—	—	—	—	—	—	0.5538	—	—	—	Ordinanz (1946)
Mashed and packed tightly	—	—	—	—	—	-13	1.0900	—	—	—	Reidy (1968)
Mashed, extruded, or strings	—	—	—	—	—	-8	0.4154	—	—	—	Smith, et al. (1952)
Potato salad	—	—	—	—	—	—	0.4846	—	—	—	Smith, et al. (1952)
Potato starch-freeze dried vacuum, bone dry	—	—	—	—	—	—	0.3773	—	—	—	Dickerson and Read (1968)
Atmospheric pressure, bone dry	—	—	—	—	—	—	1.6270	—	—	—	Saravacos (1965)
Atmospheric pressure, 52% RH	—	—	—	—	—	—	1.6960	—	—	—	Saravacos (1965)
Squashes and pumpkins	90.5	—	—	3.850	1.970	—	—	302,400	—	—	ASHRAE (1967)
Squashes	85.3	-2.2	—	3.680	1.880	—	—	283,800	—	—	ASHRAE (1967)
Spring onions	93.6	—	—	3.980	2.010	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)
Spring onions, bunched	93.6	—	—	3.980	2.010	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)
Spring onions, pre-packed	93.6	—	—	3.980	2.010	—	—	311,700	—	—	ASHRAE (1967)
Winter onions	24.5	—	0-100	1.970	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Seed oil	—	—	37.8	—	—	—	—	—	4.4	7,910-9,890	ASHRAE (1967)
	—	—	—	—	—	—	—	—	15.6	21,100-25,900	ASHRAE (1967)
Peas	82	-1.1	—	3.560	1.880	—	—	283,800	4.4	7,910-9,890	ASHRAE (1967)
	—	—	—	—	—	—	—	—	15.6	21,100-25,900	ASHRAE (1967)
Peas, black	80.7	-1.2	—	3.520	1.840	—	—	283,800	—	—	ASHRAE (1967)
Peas, red	83.4	-0.9	—	3.600	1.880	—	—	283,800	—	—	ASHRAE (1967)
Peas, garbanzo	94.9	-2	—	4.020	2.010	—	—	311,700	—	—	ASHRAE (1967)
Peas	10.5-13.5	—	0-100	—	1.760-1.840	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Peas, baby	89.1	-1.4	—	3.810	1.970	—	—	295,400	—	—	ASHRAE (1967)
Peas, dry	79.1	-2	—	3.480	1.840	—	—	262,800	—	—	ASHRAE (1967)

—continued in next page

Table 1 - THERMAL PROPERTIES OF FISH MEAT, POULTRY, AND OTHER FOODS (continued)

Food	% Water content	Specific heat data				Thermal conductivity data		Heat of respiration data			Reference
		Average freezing point (°C)	Temperature range (°C)	Specific heat (J/kg · °K)		Temperature (°C)	Thermal conductivity (W/m · °K)	Latent heat (J/kg)	Temperature (°C)	Heat of respiration (J/24 hr · kg)	
				Above freezing	Below freezing						
Sucrose-lactose	—	—	—	—	—	-28.9	0.4811	—	—	—	Keppeler and Hall (1968);
Sugar	—	—	0-100	1,260	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Sweet potato	81.5	-1.0	—	3,140	1,680	—	—	226,000	4.4	1,000	ASHRAE (1967)
Turnip roots	81.3	-2.2	—	3,800	2,000	—	—	203,100	-1.1	3,000	ASHRAE (1967)
	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4	6,820	ASHRAE (1967)
Tobacco	—	—	—	—	—	—	0.0727	—	—	—	Reidy (1968)
Tomatoes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mature green	94.7	-0.9	—	3,980	2,010	—	—	311,700	15.6	7,250	ASHRAE (1967)
Ripening	94.1	-0.9	—	3,980	2,010	—	—	311,700	4.4	1,470	ASHRAE (1967)
Tomato cherry	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Core	—	—	—	—	—	—	0.4621	—	—	—	Sweat (1974)
Side	—	—	—	—	—	—	0.5279	—	—	—	Sweat (1974)
Turnips	90.9	-0.8	—	3,890	1,970	—	—	302,400	0	2,210	ASHRAE (1967)
	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4	2,560	ASHRAE (1967)
	—	15	—	—	—	—	0.5625	—	—	—	Sweat (1974)
Water	—	—	—	—	—	20	0.5867	—	—	—	Lentz (1961)
	—	—	—	—	—	10	0.5850	—	—	—	Lentz (1961)
	—	—	—	—	—	5	0.5642	—	—	—	Lentz (1961)
	—	—	—	—	—	0	0.5435	—	—	—	Lentz (1961)
Wheat, durum (English)	—	—	—	—	—	—	0.1627	—	—	—	Reidy (1968)
White cabbage	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fresh	90.92	—	0-100	3,890	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Boiled	97	—	0-100	4,100	—	—	—	—	—	—	Ordinanz (1946)
Yeast	70.9	—	—	3,220	1,720	—	—	—	—	—	ASHRAE (1956-57)

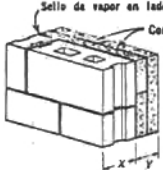
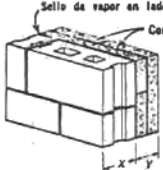
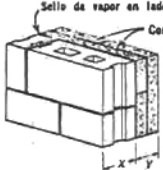
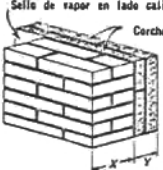
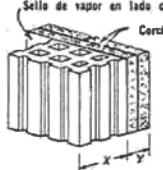

ANEXO 2

COEFICIENTES DE TRANSMISION DE CALOR (U)
PARA CUARTOS DE ALMACENAMIENTO FRIO

Sistema inglés

COEFICIENTES DE TRANSMISION DE CALOR (U) PARA CUARTOS DE ALMACENAMIENTO FRIO


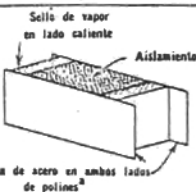
Btu por hora, por pie² y por °F de diferencia de temperatura entre caras.
Velocidad del viento, 15 mph.

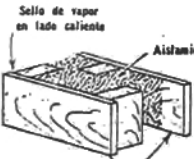
	Espesor de la pared, X plg	Espesor del aislamiento, Y plg							
		2	3	4	5	6	7	8	
	Bloque de concreto, 8	0.12	0.085	0.066	0.054	0.046	0.040	0.035	
	Bloque de concreto, 12	0.12	0.083	0.065	0.053	0.045	0.039	0.035	
	Bloque de ceniza, 8	0.11	0.081	0.064	0.052	0.045	0.039	0.034	
	Bloque de ceniza, 12	0.11	0.079	0.063	0.052	0.044	0.039	0.034	
	Tabique ordinario, 8	0.11	0.081	0.064	0.053	0.045	0.039	0.034	
	Tabique ordinario, 12	0.10	0.076	0.061	0.050	0.043	0.038	0.034	
	Azulejo de barro, 4	0.12	0.085	0.066	0.054	0.046	0.040	0.035	
	Azulejo de barro, 6	0.11	0.081	0.064	0.053	0.045	0.039	0.035	
	Azulejo de barro, 8	0.11	0.081	0.064	0.052	0.045	0.039	0.034	
	Concreto, 6	0.13	0.089	0.069	0.056	0.047	0.041	0.036	
	Concreto, 8	0.12	0.087	0.068	0.055	0.047	0.040	0.036	
	Concreto, 10	0.12	0.086	0.067	0.055	0.046	0.040	0.035	
	Concreto, 12	0.12	0.085	0.066	0.054	0.046	0.040	0.035	

De Carrier Design Data, Reproducido con permiso de Carrier Corporation

Sistema inglés

TABLA COEFICIENTES DE TRANSMISION DE CALOR (U) PARA CUARTOS DE ALMACENAMIENTO FRIO Btu por hora, por pie² y por °F de diferencia de temperatura entre caras Velocidad del viento, 15 mph.

Tipo de construcción	Material aislante	Espesor del aislamiento (pulg)						
		3½	5½	2	3	4	5	6
 <p>Sello de vapor en lado caliente Aislamiento</p> <p>Tabla de 1 pulg en ambos lados de polines^a</p>	Corcho granulado	0.079	0.055					
	Lana de roca o palco	0.072	0.050					
	Aserrín	0.097	0.069					
	Tabla de corcho	-----	-----	0.11	0.084	0.067	0.055	0.047
 <p>Sello de vapor en lado caliente Aislamiento</p> <p>Lámina de acero en ambos lados de polines^b</p>	Relleno de lana de roca o vidrio	0.084	0.055		0.100	0.077	0.062	0.052

Tipo de construcción	Material aislante	Espesor del aislamiento (pulg)		
		8	10	12
 <p>Sello de vapor en lado caliente Aislamiento</p> <p>Tabla de 1 pulg en ambos lados de polines de 2 pulg x 4 pulg. ^a 16 pulg ^b</p>	Corcho granulado	0.040	0.033	0.027
	Lana de roca o palco	0.036	0.029	0.025
	Aserrín	0.051	0.042	0.035

NOTES:

^a Coeficientes corregidos para polines de 2 x 4 o 2 x 6 con centros a 16 pulg

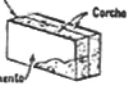
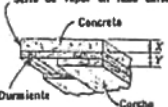

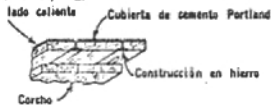
^b Coeficientes corregidos para polines de 2 x 4

^c Espesor real 25/32 pulg

De Carrier Design Data. Reproducido con permiso de Carrier Corporation.

TABLA COEFICIENTES DE TRANSMISION DE CALOR (U) PARA CUARTOS DE ALMACENAMIENTO FRIO (Sistema inglés)

Btu por hora, por pie² y por °F de diferencia de temperatura entre caras.
Velocidad del viento, 15 mph.

	Espesor de la pared piso o techo, X pig	Espesor del aislamiento, Y pig						
		2	3	4	5	6	7	8
Partición autoportada*								
Sello de vapor en lado caliente								
	Partición en corcho	0.13	0.089	0.069	0.056	0.047	0.041	0.036
Piso*								
Acabado de concreto								
Aislamiento								
Losa de piso								
Sello de vapor en lado caliente								
	Losa, 2							
	Acabado, 2	0.12	0.087	0.067	0.055	0.046	0.040	0.035
	Losa, 5							
	Acabado, 3	0.12	0.084	0.066	0.054	0.046	0.040	0.035
	Losa, 6							
	Acabado, 4	0.11	0.083	0.065	0.054	0.045	0.039	0.035
Espuma de vidrio*								
	Losa, 2							
	Acabado, 2	0.15	0.11	0.087	0.071	0.060	0.053	0.046
	Losa, 5							
	Acabado, 3	0.15	0.11	0.084	0.070	0.059	0.052	0.046
	Losa, 6							
	Acabado, 4	0.14	0.10	0.083	0.069	0.059	0.051	0.045
Techo*								
Sello de vapor en lado caliente								
	Concreto, 4	0.12	0.089	0.069	0.056	0.048	0.042	0.036
	Concreto, 8	0.12	0.086	0.067	0.055	0.047	0.041	0.036
Techo*								
Largueros								
Límina								
Sello de papel y vapor en el lado caliente								
	Madera 2 1/2 (real)	0.11	0.082	0.064	0.053	0.045	0.039	0.035
Techo*								
Sello de vapor en lado caliente								
	Cubierta de cemento Portland	0.13	0.092	0.072	0.059	0.050	0.043	0.038
	Construcción en hierro							
	Corcho							

* Estos valores pueden también usarse para pisos en tierra.

* Superficie de conductancia para aire tranquilo, 1.65, usado en ambos lados.

ANEXO 3

CONDUCTIVIDAD TERMICA DE LOS MATERIALES
EMPLEADOS EN CUARTOS DE ALMACENAMIENTO FRIO

**CONDUCTIVIDAD TERMICA DE LOS MATERIALES
EMPLEADOS EN CUARTOS DE ALMACENAMIENTO FRIO
(Sistema inglés)**

Material	Conductividad Térmica (A)	Conductancia Térmica (C)	Autoridad para las Columnas 2a. y 3a.	Conductividad Térmica Práctica*
	(Btu por h por pie ² por °F por plg de espesor)	(Btu por h por pie ² por °F por espesor de yerba)		(Btu por h por pie ² por °F por plg de espesor)
Tabique, común	5.0	—	1	—
Cemento	8.0	—	1	—
Concreto	12.0	—	1	—
Bloque agregado de ceniza de 8 plg	—	0.60	1	—
Bloque de agregado de ceniza de 12 plg	—	0.53	1	—
Bloque de agregado de grava de 8 plg	—	1.0	1	—
Bloque de agregado de grava de 12 plg	—	0.80	1	—
Placa de corcho	0.28	—	2	0.30
Corcho, granulado grueso	0.31	—	2	0.34
Espuma de vidrio	0.40	—	4	0.40
Lana de vidrio, densidad 1.5 lb por pie ³	0.27	—	1	0.30
Placa de lana mineral	0.33	—	3	0.36
Lana de palco Redwood	0.26	—	1	0.29
Lana de roca, densidad 10.0 lb por pie ³	0.27	—	1	0.30
Aserrín de varias maderas	0.41	—	2	0.45
Azulejo, arcilla hueca, 4 plg	—	1.0	1	—
Azulejo, arcilla hueca, 6 plg	—	0.64	1	—
Azulejo arcilla hueca, 8 plg	—	0.60	1	—
Madera, pino amarillo o abeto	0.80	—	1	—

Autoridades: (1) ASHVE Guide 1945. (2) ASRE Data Book, Vol. 1—1943. (3) ASRE Data Book, Vol. 2—1942. (4) Pittsburgh Corning Corporation.

* Estas conductividades fueron usadas para materiales aislantes, en el cálculo de los coeficientes de transmisión de calor. La mayor parte de estos valores han sido aumentados en un 10% sobre los valores de prueba de laboratorio, para tomar en cuenta efecto de ganancia de humedad en el material aislante o por mano de obra imperfecta. Estos valores suponen también sello de vapor adecuado. Cuando no se aplica sello de vapor o cuando la mano de obra es pobre, el valor del aislamiento se destruye considerablemente. Es extremadamente difícil obtener un buen sello de vapor con aislamiento de tipo de relleno insuficiente.

Espuma de vidrio. Si se usa una combinación de corcho y espuma de vidrio, 1 plg de espuma de vidrio equivale a ¾ de plg de corcho.

Placa de lana mineral. Para cálculos preliminares, úsense los coeficientes de transmisión de calor para corcho, aumentados en 15%.

De *Carrier Design Data* Reproducido con permiso de Carrier Corporation.

ANEXO 4

COEFICIENTE DE CONDUCCION DE PELICULA f_0, f_1

Sistema inglés

FACTORES U PARA VIDRIO		CONDUCTANCIA SUPERFICIAL PARA ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS (f)			
Número de paneles	Btu/h/pie ² /°F	Conductancia de super- ficie (Btu por h por pie ² por °F)			
		Superficie	Exposición	Invierno	Verano
1	1.13	Techos	Interior	1.65	1.20
2	0.46	Techos	Exterior	6.00*	4.00†
3	0.29	Paredes	Interior	1.65	1.65
4	0.21	Paredes	Exterior	6.00*	4.00†

De ASRE Data Book, Design Volume. Edición 1949, con permiso de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

* Velocidad media del viento 15 mph.
† Velocidad media del viento 8 mph.

De Carrier Design Data. Reproducido con permiso de Carrier Corporation.

ANEXO 5

ESPESOR DE AISLACION

Condiciones de diseño para una planta de casilleros

Tipo de espacio	Temp. de cuarto	Temperatura del refrigerante	Espesor del aislamiento, cm
Cuarto de proceso, Cuarto de trabajo y cocina	Atmosférica	No hay	No hay
Cuarto enfriador	1 a 2°C de diseño, para 1.5°C.	11 a 14°C abajo de la temperatura del cuarto, para circulación por gravedad; 5 a 8°C para circulación de aire forzada.	7.5 a 20
Cuarto de reposo	1 a 2°C de diseño para 1.5°C.	Igual que el cuarto de enfriamiento.	7.5 a 20
Cuarto de curado	3.5 a 4.5°C de diseño para 4°C.	Igual que el cuarto de enfriamiento.	7.5 a 20
Cuarto de congelación (circulación de aire por gravedad)	-23 a -29°C.	-29 a -34°C	15 a 20
Gabinete congelador (en cuarto de casilleros)	No es importante	-26 a -34°C	2.5 o 5
Enfriador de chorro de aire	Depende del tipo de sistema usado.	-23 a -26°C	15 a 30
Cuarto de casilleros o almacenamiento a granel	-18°C.	-26 a -29°C	15 a 30

FIG. 9-14. (ASRE Data Book, Applications Volume, 1956-57. Reproducido por permiso de la American Society of heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers)

ANEXO 6

FACTORES DE CORRECCION PARA PAREDES EXPUESTAS

A LOS RAYOS SOLARES

**CORRECCION POR RADIA-
CION SOLAR**

(Grados Fahrenheit que deberán agregarse a la diferencia normal de temperatura para cálculos de fuga de calor, para compensar por efecto del sol —no deben usarse para diseño de acondicionamiento de aire).

Tipo de superficie	Muro este	Muro sur	Muro oeste	Techo plano
Superficies de color oscuro tales como: Techo de pizarra, techo de asfalto, pinturas negras	8	5	8	20
Superficies de color medio, tales como: Madera sin pintar, tabique, tabique rojo, cemento oscuro pintura roja, gris o verde	6	4	6	15
Superficies de colores claros, tales como: Piedra blanca, cemento claro, pintura blanca	4	2	4	9

Del ASRE Data Book, Design Volume, Edición 1957-1958, con permiso de la American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers.

ANEXO 7

GANANCIA DE CALOR DE PARED

Sistema inglés
GANANCIA DE CALOR DE PARED
 (btu por pie² por 24 h)

Diferencia de Temperatura (Temperatura ambiente menos Temperatura del refrigerador), F	Diferencia de Temperatura (Temperatura ambiente menos Temperatura del refrigerador), F																	
	1	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
3	2.4	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	240	252	264	267	288
4	1.8	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180	189	198	207	216
5	1.44	58	65	72	79	87	94	101	108	115	122	130	137	144	151	159	166	173
6	1.2	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144
7	1.03	41	46	52	57	62	67	72	77	82	88	93	98	103	108	113	118	124
8	0.90	36	41	45	50	54	59	63	68	72	77	81	86	90	95	99	104	108
9	0.80	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96
10	0.72	29	32	36	40	43	47	50	54	58	61	65	68	72	76	79	83	86
11	0.66	26	30	33	36	40	43	46	50	53	56	60	63	66	69	73	76	79
12	0.60	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72
13	0.55	22	25	28	30	33	36	39	41	44	47	50	52	55	58	61	63	66
14	0.51	20	23	26	28	31	33	36	38	41	43	46	49	51	54	56	59	61
15	27.0	1080	1220	1350	1490	1620	1760	1890	2030	2160	2290	2440	2560	2700	2840	2970	3100	3240
20	11.0	440	500	550	610	660	715	770	825	880	936	990	1050	1100	1160	1210	1270	1320
25	7.0	280	320	350	390	420	454	490	525	560	595	630	665	700	740	770	810	840

NOTA: Cuando se usan soportes de madera, multiplíquense los valores anteriores por 1.1.
 Fuente: ASRE Data Book, Design Volume, Edición 1955-56, con permiso de la American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

ANEXO 8

CAMBIOS DE AIRE POR VEINTE Y CUATRO HORAS Y

GANANCIA DE CALOR POR METRO CUBICO DE AIRE

EXTERNO QUE ENTRA AL ESPACIO FRIO

BTU POR PIE³ DE AIRE, REMOVIDAS AL ENFRIAR
A CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO ARRIBA DE 30°F

Temperatura de cuarto de almacenamiento °F	Temperatura del aire de entrada °F									
	85			90			95		100	
	Humedad relativa del aire, %									
	50	60	70	50	60	70	50	60	50	60
65	0.65	0.85	1.12	0.93	1.17	1.44	1.24	1.54	1.58	1.95
60	0.85	1.03	1.26	1.13	1.37	1.64	1.44	1.74	1.78	2.15
55	1.12	1.34	1.57	1.41	1.66	1.93	1.72	2.01	2.06	2.44
50	1.32	1.54	1.78	1.62	1.87	2.15	1.93	2.22	2.28	2.65
45	1.50	1.73	1.92	1.80	2.06	2.34	2.12	2.42	2.47	2.85
40	1.69	1.92	2.16	2.00	2.26	2.54	2.31	2.62	2.67	3.06
35	1.86	2.09	2.34	2.17	2.43	2.72	2.49	2.79	2.85	3.24
30	2.00	2.24	2.49	2.26	2.53	2.82	2.64	2.94	2.95	3.35

Reproducida de *Refrigeration Engineering Data Book* por cortesía de la American Society of Refrigerating Engineers.

BTU POR PIE³, RETIRADAS AL ENFRIAR A CONDICIONES
DE ALMACENAMIENTO INFERIORES A 30°F

Temperatura de cuarto de almacenamiento °F	Temperatura del aire de entrada °F									
	40		50		80		90		100	
	Humedad relativa del aire, %									
	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60
30	0.24	0.29	0.58	0.66	1.69	1.87	2.26	2.53	2.95	3.35
25	0.41	0.45	0.75	0.83	1.86	2.05	2.44	2.71	3.14	3.54
20	0.56	0.61	0.91	0.99	2.04	2.22	2.62	2.90	3.33	3.73
15	0.71	0.75	1.06	1.14	2.20	2.39	2.80	3.07	3.51	3.92
10	0.85	0.89	1.19	1.27	2.38	2.52	2.93	3.20	3.64	4.04
5	0.98	1.03	1.34	1.42	2.51	2.71	3.12	3.40	3.84	4.27
0	1.12	1.17	1.48	1.56	2.68	2.86	3.28	3.56	4.01	4.43
-5	1.23	1.28	1.59	1.67	2.79	2.98	3.41	3.69	4.15	4.57
-10	1.35	1.41	1.73	1.81	2.93	3.13	3.56	3.85	4.31	4.74
-15	1.50	1.53	1.85	1.93	3.05	3.25	3.67	3.96	4.42	4.86
-20	1.63	1.68	2.01	2.09	3.24	3.44	3.88	4.18	4.66	5.10
-25	1.77	1.80	2.12	2.21	3.38	3.56	4.00	4.30	4.78	5.21
-30	1.90	1.95	2.29	2.38	3.55	3.76	4.21	4.51	5.00	5.44

Reproducida de *Refrigeration Engineering Data Book* por cortesía de la American Society of Refrigerating Engineers.

CAMBIO PROMEDIO DE AIRE, POR 24 H PARA CUARTO DE ALMACENAMIENTO ARRIBA DE 32° F, DEBIDO A ABERTURA DE PUERTAS Y FILTRACION

(No se aplica a cuartos que usen ductos o rejillas de ventilación)

Volumen, pies ³	Cambios de aire por 24 h	Volumen, pies ³	Cambios de aire por 24 h	Volumen, pies ³	Cambios de aire por 24 h	Volumen, pies ³	Cambios de aire por 24 h
250	38.0	1,000	17.5	6,000	6.5	30,000	2.7
300	34.5	1,500	14.0	8,000	5.5	40,000	2.3
400	29.5	2,000	12.0	10,000	4.9	50,000	2.0
500	26.0	3,000	9.5	15,000	3.9	75,000	1.6
600	23.0	4,000	8.2	20,000	3.5	100,000	1.4
800	20.0	5,000	7.2	25,000	3.0		

Nota: Para cuarto de almacenamiento con antecsalas, redúzcanse los cambios de aire al 50% de los valores de la tabla.

Para uso de servicio intenso, agregar 50% a los valores dados en la tabla.

De ASRE Data Book, Design Volume, Edición 1949, con permiso de la American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers.

CAMBIO PROMEDIO DE AIRE, POR 24 H PARA CUARTO DE ALMACENAMIENTO A MENOS DE 32° F, DEBIDO A ABERTURA DE PUERTAS Y FILTRACION

(No se aplica a cuartos que usen ductos o rejillas de ventilación)

Volumen, pies ³	Cambios de aire por 24 h	Volumen, pies ³	Cambios de aire por 24 h	Volumen, pies ³	Cambios de aire por 24 h	Volumen, pies ³	Cambios de aire por 24 h
250	29.0	1,000	13.5	5,000	5.6	25,000	2.3
300	26.2	1,500	11.0	6,000	5.0	30,000	2.1
400	22.5	2,000	9.3	8,000	4.3	40,000	1.8
500	20.0	2,500	8.1	10,000	3.8	50,000	1.6
600	18.0	3,000	7.4	15,000	3.0	75,000	1.3
800	15.3	4,000	6.3	20,000	2.6	100,000	1.1

Nota: (1) Para cuartos de almacenamiento con antecsalas, redúzcanse los cambios de aire al 50% de los valores en la tabla.

(2) Para cuartos de casilleros, duplíquense los valores de la tabla anterior.

De ASRE Data Book, Design Volume, Edición 1949, con permiso de la American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers.

ANEXO 9

DATOS DE DISEÑO PARA ALMACENAMIENTO DE ALIMENTOS

DATOS DE DISEÑO PARA ALMACENAMIENTO DE FRUTAS

FRUTAS	TIPO DE ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE DISEÑO DE LA FRUTA				Período máximo de almacenamiento	DATOS DE ENFRIAMIENTO			Caudal de aire por unidad de producto en Btu/h (ver nota 1)	CALOR ESPECÍFICO		Caudal de aire de enfriamiento Btu/h	Consumo de agua gal/100 lb de fruta	Módulo de construcción	Movimiento máximo de aire en el conducto ft/min
		Temperatura de almacenamiento °F	Rango de humedad relativa %	Rango de pérdida de peso %	Grupos de la fruta por día de almacenamiento		Temperatura de producto °F	Factor de transferencia	Caudal de aire por unidad de producto en Btu/h		CALOR ESPECÍFICO					
											0.8	0.9				
Mangos	Cueto	55	85-90	17	85-90	18.0			4.0	0.89	0.43	122	84	26.7	90	
	Largo	35	80-82	27	87.0	20.0			0.2					40		
	Inte. enfr.	20	85	45	85	20.4			24.0f					150		
Dátiles	Cueto	35	75-80	25	80-86	25.2			4.0	0.91	0.60	122	85	26.1	90	
	Largo	32	81-82	25	80-88	21.0	3-14 días		0.3					40		
	Inte. enfr.	20	85	45	85	22.9			20.0f					150		
Aguacates	Cueto	45	40-53	20.0	65-70	11.0			4.5	0.91	0.49	124	84	27.2	90	
	Largo	30	37-43	25.0	65-70	7.0	10 días		0.3					40		
	Inte. enfr.	20	45	45	65	21.0			23.0f					150		
Naranjas	Cueto	45	40-53	20.0	65-70	11.0			4.5	0.91	0.49	124	84	27.2	90	
	Largo	30	37-43	25.0	65-70	7.0	10 días		0.3					40		
	Inte. enfr.	20	45	45	65	21.0			23.0f					150		
Fresas, cerezas, etc.	Cueto	35	35-40	15	40-45	15.0			4.0	0.90	0.45	128	84	28.30	90	
	Largo	32	31-32	15	40-45	11.0	3-10 días		0.3					40		
	Inte. enfr.	20	35	45	45	22.3			20.0f					150		
Albaricoques	Cueto	35	35-40	15	40-45	15.0			4.0	0.91	0.47	122	84	27.2	90	
	Largo	30	34-36	15	45-52	24.4	1-8 meses		0.2					40		
	Inte. enfr.	20	35	45	45	21.0			18.0f					150		
Dátiles (maduros)	Cueto	35	35-40	15	45-75	20.0			0.10	0.35		26	16	-4	150	
	Largo	28	28-32	15	45-75	15.4	1-8 meses		0.06					40		
	Inte. enfr.	20	35	45	45	21.0			18.0f					150		
Fresas	Cueto	35	35-40	15	40-45	15.0			4.0	0.91	0.47	122	84	27.2	90	
	Largo	32	32-34	15	40-45	18.4	1-2 meses		0.07					40		
	Inte. enfr.	20	35	45	45	21.0			18.0f					150		
Uvas (frescas)	Cueto	40	40-50	15	45-75	27.5			5.0	0.71	0.44	114	80	28.3	90	
	Largo	34	34-36	10	45-75	20.0	15 días		0.4					40		
	Inte. enfr.	20	35	45	45	21.0			18.0f					150		
Uvas (oriental americana)	Cueto	35	35-40	15	40-45	15.0			4.0	0.90	0.41	112	72	28.0	90	
	Largo	31	31-32	15	40-45	21.3	3-6 meses		0.4					40		
	Inte. enfr.	20	35	45	45	21.0			14.0f					150		
Uvas (frutifera californiana)	Cueto	35	35-40	15	40-45	15.0			4.0	0.85	0.57	112	72	24.1	90	
	Largo	30	30-31	15	40-45	20.4	3-6 meses		0.4					40		
	Inte. enfr.	20	35	45	45	21.0			14.0f					150		
Toronjas	Cueto	40	40-45	10	45-70	12.0			4.0	0.91	0.49	128	84	28.4	90	
	Largo	32	32-34	15	45-50	21.3	1-4 meses		0.3					40		
	Inte. enfr.	20	35	45	45	21.0			18.0f					150		
Limones	Cueto	45	45-50	15	45-70	14.1			4.0	0.91	0.48	124	84	28.1	90	
	Largo	35	35-40	15	45-50	14.5	1-4 meses		0.3					40		
	Inte. enfr.	20	35	45	45	21.0			16.0f					150		
Limas	Cueto	45	45-50	15	45-70	12.1			4.0	0.91	0.48	124	84	27.2	90	
	Largo	35	35-40	15	45-70	13.4	1-8 meses		0.3					40		
	Inte. enfr.	20	35	45	45	21.0			14.0f					150		
Naranjas	Cueto	40	40-45	15	45-70	11.0			4.0	0.91	0.46	126	84	28.0	90	
	Largo	34	32-34	15	45-50	21.2	1-10 meses		0.3					40		
	Inte. enfr.	20	35	45	45	21.0			18.0f					150		
Uvas (frescas)	Cueto	35	35-40	15	40-45	15.0			4.0	0.90	0.46	116	80	28.0	90	
	Largo	31	31-32	15	40-45	21.1	3-6 meses		0.3					40		
	Inte. enfr.	20	35	45	45	21.0			18.0f					150		
Mantecados	Cueto	35	35-40	15	40-45	25.2			4.0	0.90	0.41	122	84	28.0	90	
	Largo	32	31-32	15	40-45	22.3	2-3 meses		0.3					40		
	Inte. enfr.	20	35	45	45	21.0			24.0f					150		

De Carrier Design Data. Reproducida con permiso de Carrier Corporat

DATOS DE DISERO PARA ALMACENAMIENTO DE VEGETALES

VEGETALES	TIPO DE ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE DISIÑO DE CÁMARA				Periodo máximo de almacenamiento	DATOS DE ENFRIAMIENTO			Calor latente (Btu/lb. °F)	CALOR ESPECIFICO (Btu/lb. °F)	Temperatura de fusión (°F)	Con- teni- do de agua (%)	Punto de congelación (°F)	Presión (psi)				
		Temperatura y % de humedad	Rango per- misible, %	Hu- midad, %	Rango per- misible, %		Tem- peratura de ali- macenamiento	Tem- po de enfriamiento	Tem- peratura de en- friamiento							Factor de rapidez			
Espárragos	Corta	40	40-45	90	85-90	17.0	30 días	40	34	24	0.90	4.8	0.81	0.41	126	94.0	29.0	10	
	Largo	32	32-34	90	85-90	23.7												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	33	90	85	23.2												150	
Ejotes	Corta	40	40-45	90	85-90	21.0	30 días	60	15	20	0.47	15.07	0.7	119	93.5	29.1	10		
	Largo	32	32-40	90	85-90	24.6											150		
	Intr. enf., Arab. enf.	40	33	95	85	23.7											150		
Frijoles	Corta	40	40-45	90	80-90	22.0	15 días	10	10	10	0.20	0.34	99	48.5	24.4	90	10		
	Largo	32	32-40	90	85-90	24.4											150		
Betabels con rama	Corta	40	40-45	90	85-90	22.0	1-2 meses					2.8	0.70	0.48	121	90.0	24.9	10	
	Largo	32	32-34	90	85-90	25.0												150	
Betabels con rama	Corta	40	40-45	90	85-90	22.0	10-14 días	70	34	24	0.80	3.0	0.70	0.48	127	90.0	21.0	10	
	Largo	32	32-34	90	85-90	25.7												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	23.7												150	
Brócoli	Corta	40	40-45	90	85-90	22.0	7-10 días	80	34	24	0.80	4.0	0.70	0.48	136	92.0	29.2	10	
	Largo	32	32-36	90	80-90	24.7												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	31	90	80	24.6												150	
Col de Bruselas	Corta	40	40-45	90	85-90	24.5	3-4 sem.	80	34	24	0.80	3.0	0.71	0.49	136	94.5	21.0	10	
	Largo	32	32-38	90	85-90	26.0												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	26.4												150	
Borra	Corta	40	30-40	95	90-95	26.1	3-4 meses	70	34	24	0.80	7.0	0.72	0.47	122	92.5	31.2	10	
	Largo	32	32-34	95	90-95	29.0												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	23.7												150	
Zanahoria sin rama	Corta	40	40-45	90	85-90	22.0	4-6 meses				2.0	0.72	0.45	126	88.0	30.4	90	10	
	Largo	32	32-34	95	85-90	25.0												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	80-90	23.7												150	
Zanahoria con rama	Corta	40	40-45	90	85-90	22.0	10-14 días	70	34	24	0.80	4.0	0.66	0.45	126	92.0	31.0	10	
	Largo	32	32-36	90	85-90	23.7												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	23.7												150	
Coliflor	Corta	40	36-40	90	85-90	21.0	2-3 sem.	70	34	24	0.80	4.0	0.70	0.44	122	92.5	30.1	10	
	Largo	32	32-34	90	85-90	23.7												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	23.7												150	
Apuja	Corta	40	30-40	90	80-90	24.0	3-4 meses				4.0	0.71	0.46	136	94.5	29.7	90	10	
	Largo (humeda)	32	32-32	90	80-90	23.7												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	23.7												150	
Ajo	Corta	40	35-40	90	85-90	24.0	4-8 días	70	34	24	0.40	3.0	0.66	0.38	108	78.5	28.9	90	10
	Largo	32	32-32	90	85-90	23.7													150
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	23.7													150
Cilantro	Corta	40	40-48	90	85-90	26.2	10-14 días	70	32	24	1.0	2.0	0.73	0.45	127	95.5	30.5	90	10
	Largo	40	45-50	90	80-85	27.5													150
	Intr. enf., Arab. enf.	40	30	90	80	23.7													150
Escarola	Corta	40	30-40	90	80-90	24.0	2-3 sem.				4.0	0.70	0.44	136	97.0	30.9	90	10	
	Largo (humedo)	32	32-34	90	80-90	23.7												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	80-90	23.7												150	
Echinos	Corta	40	35-40	90	80-90	24.0	2-3 sem.				2.0	0.70	0.44	126	93.0	31.7	90	10	
	Largo (humedo)	32	32-34	90	80-90	24.0												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	80-90	23.7												150	
Ejotes (condm. en l)	Corta	40	40-50	95	85-90	29.0	3-4 sem.				3.0	0.71	0.46	115	95.0	29.0	90	10	
	Largo	32	34-40	95	85-90	26.2												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	31	95	85	23.2												150	
Espinacas	Corta	40	40-40	90	80-90	20.0	4-6 meses	70	34	24	0.80	2.0	0.71	0.53	130	95.0	30.1	90	10
	Largo	32	32-34	90	80-90	19.0													150
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	80	19.0													150
Espinacas	Corta	40	40-45	90	85-90	21.0	3-4 meses	75	34	24	1.0	4.0	0.66	0.44	119	93.2	28.1	90	10
	Largo	32	32-34	90	85-90	25.0													150
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	23.7													150
Espinacas	Corta	40	35-40	90	80-90	19.0	2-3 sem.	82	34	24	0.80	2.0	0.66	0.45	107	91.5	28.9	90	10
	Largo	32	32-34	90	80-90	21.0													150
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	80	21.0													150
Frijoles (ata. en b)	Corta	40	40-45	90	85-90	22.0	10				1.0	0.66	0.42	112	92.5	28.1	150	10	
	Largo	32	34-36	95	85-90	24.4												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	95	85	23.7												150	
Frijoles (ata. en b)	Corta	40	40-50	90	80-90	25.2	5 meses				3.0	0.71	0.52	118	87.0	26.0	150	10	
	Largo	30	30-32	90	80-90	19.2												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	23.7												150	
Lupinus	Corta	40	35-40	95	85-90	24.2	10-14 días				2.0	0.71	0.51	129	92.0	30.2	90	10	
	Largo	32	32-34	95	80-90	25.0												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	23.7												150	
Camote n	Corta	40	35-40	95	80-85	24.5	4-6 meses				1.0	0.61	0.42	101	78.0	28.5	150	10	
	Largo	40	45-50	95	80-85	25.5												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	23.7												150	
Tomate (verdes)	Corta	40	35-40	90	85-90	24.0	3-6 sem.				3.0	0.71	0.46	122	95.0	30.4	90	10	
	Largo	35	35-40	90	85-90	24.0												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	23.7												150	
Tomate (rojos)	Corta	40	35-40	90	85-90	23.0	7-10 días	80	32	24	1.0	3.0	0.66	0.42	101	90.0	30.0	90	10
	Largo	40	45-50	90	85-90	24.0													150
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	23.7													150
Tomate (rojos)	Corta	40	35-40	90	85-90	23.0	3-6 sem.				3.0	0.71	0.46	122	95.0	30.4	90	10	
	Largo	40	45-50	90	85-90	24.0												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	23.7												150	
Zanahoria	Corta	40	40-50	95	85-90	27.5	7-10 días				3.0	0.66	0.42	101	90.0	30.0	90	10	
	Largo	40	45-50	95	85-90	28.0												150	
	Intr. enf., Arab. enf.	40	32	90	85	23.7												150	

De Carrier Design Data. Reproducido con permiso de Carrier Corporation.

DATOS DE DISEÑO PARA ALMACENAMIENTO DE CARNES

CARNES	TIPO DE ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DIBO DE CUARTO				Temperatura de almacenamiento	DATOS DE EMPILAMIENTO		Factor de ventilación	Cálculo de la pérdida de peso en 24 h (ver nota 1)	CALOR ESPECÍFICO		Calor latente de fusión	Factor de enfriamiento	Temperatura de congelación	Módulo de arrastre	
		Temperatura °F	Temperatura °C	Humedad perm. med. %	Grados de humedad		Factor de empilamiento	Factor de ventilación			Calor sensible Btu/lb °F	Calor latente de fusión Btu/lb					
Tocino	Corto	35	30-40	65	95-98	48.7				7.5	0.50	0.30	79	20		150	
	Edurecimiento, Cmar, rebaja.	20	20-30	75	70-80	16.4				1.2						90	
Res combinada, enfriamiento y mantenimiento	Isic. enfr.	18		95		18.0	100	44	24	0.56	10.01	0.75	0.40	50	77	31.3	250
	Acab. enfr.	11		90		23.2					5.0					100	
Res-aca	Largo	51	55-60	60	60-70	48.7				0.1	37.34	19.26	7.32	6.15		160	
Res-fresca	Corto	35	30-40	65	95-98	26.0				5.0	0.75	0.40	76	72	31.3	60	
	Largo	30	30-42	67.5	95-98	32.8	100	44	18	0.67	22.07					250	
Carne en salmuera	Isic. enfr.	18		95		20.8				1.7						150	
	Acab. enfr.	11		92		27.3										150	
Carne en lactosa	Corto	40	40-45	85	90-95	33.0				1.0	0.75					150	
	Largo	31	31-32	85	90-95	21.3	4 meses			0.8						150	
Carne estada	Corto	34	34-38	87.5	95-98	34.8				5.6	0.72	0.40	91	61	31	20	
	Largo	0 (-5) - 0	35	95	90-95	4.5	4 meses			0.1	0.71	0.41	101	20	28	250	
Pracido congelado helado	Corto	34	30-38	85	90-95	24.3				5.3						90	
	Largo	30	30-32	85	90-95	20.4	15 días			0.4						90	
Jamon, curado	Corto	34	30-38	85	95-97	29.3				1.4	0.48	0.38	64.6	53	31.3	60	
	Largo	28	30-40	85	95-97	18.5	3 meses			1.0						100	
Seboso y alomado	Isic. enfr.	18		95		27.5	105	57	8	1.00	6.07					160	
	Acab. enfr.	11		90		33.8										160	
Carne, en frimiento 18 h 14 h	Isic. enfr.	18		95		27.5	125	38	18	0.67	24.07	0.68	0.38	64.5	60	27	250
	Acab. enfr.	11		90		33.8	126	38	16	0.67	23.07					150	
Carnero	Isic. enfr.	18		95		27.5	105	57	8	1.00	6.07					160	
	Acab. enfr.	11		90		33.8										160	
Viscera	Isic. enfr.	18		95		27.5	90	25	18	0.70	21.01	0.75	0.42	103	22	150	
	Acab. enfr.	11		90		32.3				1.3						90	
Delicioso en suca	Isic. enfr.	18		95		27.5				4.2	0.83	0.44	116	60.4	27	90	
	Acab. enfr.	11		90		32.7				0.8						90	
Puerco (crudo)	Isic. enfr.	18		95		27.5	105	57	8	1.00	6.07					160	
	Acab. enfr.	11		90		33.8										160	
Pollo	Isic. enfr.	18		95		27.5	105	57	8	1.00	6.07					160	
	Acab. enfr.	11		90		33.8										160	
Lengüeta	Isic. enfr.	18		95		27.5	105	57	8	1.00	6.07					160	
	Acab. enfr.	11		90		33.8										160	

CARNES	TIPO DE ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DIBO DE CUARTO				Temperatura de almacenamiento	DATOS DE EMPILAMIENTO		Factor de ventilación	Cálculo de la pérdida de peso en 24 h (ver nota 1)	CALOR ESPECÍFICO		Calor latente de fusión	Factor de enfriamiento	Temperatura de congelación	Módulo de arrastre
		Temperatura °F	Temperatura °C	Humedad perm. med. %	Grados de humedad		Factor de empilamiento	Factor de ventilación			Calor sensible Btu/lb °F	Calor latente de fusión Btu/lb				
Salmón	Isic. enfr.	18		95		27.5	105	57	8	1.00	6.07				160	
	Acab. enfr.	11		90		33.8									160	
Puerco (cocido)	Isic. enfr.	18		95		27.5	105	57	8	1.00	6.07				160	
	Acab. enfr.	11		90		33.8									160	
Lengüeta	Isic. enfr.	18		95		27.5	105	57	8	1.00	6.07				160	
	Acab. enfr.	11		90		33.8									160	
Almuerzo de cerdo	Isic. enfr.	18		95		27.5	105	57	8	1.00	6.07				160	
	Acab. enfr.	11		90		33.8									160	
Ternera	Isic. enfr.	18		95		27.5	105	57	8	1.00	6.07				160	
	Acab. enfr.	11		90		33.8									160	

De Carrier Design Data. Reproducida con permiso de Carrier Corporation.

DATOS DE DISEÑO PARA ALMACENAMIENTO MISCELANEO

MISCELANEA	TIPO DE ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE HUBO EN CUARTO				DATOS DE ENFRIAMIENTO			Calor latente estimado del producto en Btu/lb (ver tabla 1)	CALOR ESPECÍFICO Btu/lb °F	Calor latente de condensación Btu/lb	Con-tento de agua en el azúcar %	Punto de congelación °F	Movimiento máximo de aire en el cuarto pies/min
		Temperatura		Humedad		Período de almacenamiento en meses	Temp de producción °F	Factor de enfriamiento						
		Huevo fresco °F	Hubo terminado °F	Humedad relativa %	Rango permitido sobre %									
Cereza (mayoreo)	Corto	35	35-40	85	80-85	24	2	2.5	1.0		2.0	150		
Barril de madera	Corto	40	35-40	70c	65-70	20.8	4	0.4			180			
Barril de metal	Corto	40	35-40	70c	65-70	20.8	4	0.4			180			
Mantecilla o manteca	Corto	45	35-40	60c	55-60	29.1	10 días	2.0	0.44	0.34	15	15.0		
	Largo	45	35-40	65	60-65	4.45	4 meses	0.3				250		
Jalisco	Largo	45	40-70	55	50-55	60.3	4 meses	2.0	0.43			48		
Café	Corto	45	40-45	85	80-85	21.0		2.0	0.4			30		
	Largo	34	34	80c	80-85	24.3	15 días	0.3				150		
Quiso	Corto	40	40-45	80c	75-80	21.1		2.0	0.44	0.34	77	34.0		
	Largo	32	30-34	80c	75-80	21.1	15 meses	0.3				90		
Cementito	Corto	40	40-45	85	80-85	21.0		2.5	0.70	0.40	66	40.0		
	Largo	40	34-34	80c	80-85	21.0	20 días	0.3				90		
Limbargo	Corto	40	40-45	85	80-85	21.0		2.0	0.70	0.40	66	40.0		
	Largo	31	30-34	85c	80-85	21.3	40 días	0.3				90		
Roquefort	Corto	45	40-45	80	75-80	26.3		2.0	0.68	0.33	77	34.0		
	Largo	40	30-34	80c	75-80	21.1	40 días	0.3				90		
Sulaco	Corto	40	40-45	80	75-80	21.1		2.0	0.44	0.34	77	34.0		
	Largo	34	30-34	80c	75-80	21.0	40 días	0.3				90		
Chocolate (para colectura)	Largo	40	40-70	55	50-55	62.1	4 meses	0.1	0.54	0.35	40	0.5		
Crema (40%)	Corto	35	35-40	80c	75-80	23.0		2.5	0.85	0.40	90	34.0		
	Largo	5	5	80c	80-85	5.00	4 meses	0.1				150		
Huevo empacado (ver Doc. 2D-80)	Corto	40	40-45	85c	80-85	21.0		3.0	0.85	0.46	100	34.2		
	Largo	40	30-34	85c	80-85	21.0	12 meses	0.2				90		
	Acab. enfr.	40	20-24	85c	80-85	20.4		0.3				90		
	Acab. enfr.	30	20	85c	80.4	20.4		0.2				60		
Huevo congelado (latas de 5 kg Doc. 2D-85)	Largo	5	5	80c	80-85	4.20	18 meses	0.30				250		
	Acab. enfr.	0	0	80c	80-85	4.85		0.40				250		
	Acab. enfr.	0	0	80c	80-85	4.85		0.40				250		
Pieles y lanas (ver Doc. 2D-83)	Puntigado	35	35-40	45	40-45	13.3	6 meses	0.1	0.40			150		
	Puntigado	15	15-18	70	65-70	9.2	6 meses	0.1				150		
Alfalfa	Largo	70	70-80	60	60-70	66.0	6 meses	0.1				60		
Flores, curadas (ver Doc. 2D-84)	Largo	40	35-40	85	80-85	21.0	14 días	120 lbs	0.92			37.31		
Figos de Cadermas	Largo	40	40-45	85	80-85	21.3	3 semanas	0.1				38.31		
Pieles, curadas, almendra-nillo	Largo	15	15-20	85	80-85	14.5		0.2	0.40			60		
	Largo	11	11-16	75	70-75	11.1	5 días	0.1	0.40			140		
Helado, latas de 12 1/2 (ver Doc. 2D-86)	Largo	0	0	80c	80c	4.46		0.75	1.10	0.37	37	48.0		
	Largo	0	0	80c	80c	1.55		0.75	1.10	0.37	37	48.0		
	Largo	0	0	80c	80c	4.46		0.75	1.10	0.37	37	48.0		
	Largo	0	0	80c	80c	1.55		0.75	1.10	0.37	37	48.0		
Mantequilla	Corto	45	40-45	60c	55-60	26.9		2.0	0.40		90	70		
	Largo	32	32-34	60c	55-60	21.3	6 meses	0.3				150		
Azúcar de maple	Corto	45	40-45	70c	65-70	21.9		0.7	0.24	0.21	7	8		
	Largo	31	31-32	70c	65-70	17.2	8 meses	0.1				250		

MISCELANEA	TIPO DE ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE HUBO EN CUARTO				DATOS DE ENFRIAMIENTO			Calor latente estimado del producto en Btu/lb (ver tabla 1)	CALOR ESPECÍFICO Btu/lb °F	Calor latente de condensación Btu/lb	Con-tento de agua en el azúcar %	Punto de congelación °F	Movimiento máximo de aire en el cuarto pies/min
		Temperatura		Humedad		Período de almacenamiento en meses	Temp de producción °F	Factor de enfriamiento						
		Huevo fresco °F	Hubo terminado °F	Humedad relativa %	Rango permitido sobre %									
Jalisco	Corto	45	45-50	70c	65-70	21.9	6 meses	0.7	0.43	0.31	47	34.0	250	
	Largo	31	31-32	70c	65-70	17.2		0.1					250	
Lecía embolada y húmeda (ver Doc. 2D-88)	Corto	35	35-40	70c	64-70	20.0	6 días	2.0	0.70	0.49	134	37.5	31	
	Largo	40	40	80c	71	21.1		0.20					250	
	Largo	34	34	80c	71.0	21.0		0.1					250	
Huevo en cáscara	Corto	40	40-45	70c	35-75	25.3	0-12 meses	0.50	0.35	0.23	3-10	2.0		
	Largo	32	32-40	70c	45-75	18.4		0.06					150	
Huevo pelado	Corto	40	40-45	70c	45-75	20.3	6-10 meses	0.50	0.35	0.24	4-10	3.0		
	Largo	32	32-40	70c	45-75	18.4		0.06					150	
Huevo	Corto	45	45-50	80c	75-80	26.1		2.0	0.48				150	
	Largo	34	34-34	80c	75-80	23.0	30 días	0.3					150	
Suco de caqui	Largo	45	40-45	70c	66-70	23.5	4 meses	0.4					150	
Albúmina	Largo	20	24-25	70c	40-80	15.4	4-6 meses	0.65	0.35		30.0			

De Carrier Design Data, Reproducido con permiso de Carrier Corporation

ANEXO 10

CALOR DE RESPIRACION DE FRUTAS Y VEGETALES

CALOR DE REACCION DE FRUTAS Y LEGUMBRES.

(Sistema inglés)

FRUTAS			LEGUMBRES			
Artículo	Temperatura °F	Btu/h/lb	Artículo	Temperatura °F	Btu/h/lb	
Manzanas	32	.018	Espárragos	32	.038	
	40	.030		40	.170	
	60	.120		60	.170	
Chabucanos	32	.023	Habas	32	.170	
	40	.038		60	.820	
	60	.170				
Bananas almacenamiento maduración enfriamiento	54	.049	Betabeles	32	.055	
	64	.190		40	.085	
	70-54	.5005		60	.150	
Bayas	36	.115	Col de Bruselas	32	.059	
	40	.145		40	.095	
				60	.260	
Cerezas	32	.032	Col	32	.059	
	40	.250		40	.045	
				60	.280	
Arándanos	32	.014	Coliflor	32	.059	
	40	.019		40	.015	
	50	.036		60	.280	
Dátiles frescos	32	.014	Zanahoria	32	.045	
	40	.019		40	.073	
	50	.036		60	.170	
Naranjas	32	.0096	Apio	32	.059	
	40	.072		40	.095	
	60	.058		60	.280	
Uvas	32	.0075	Maíz, dulce	32	.035	
	40	.014		40	.170	
	60	.050				
Limones	32	.012	Pepino	32	.028	
	40	.017		40	.041	
	60	.042		60	.175	
Limas	32	.012	Escarola	40	.200	
	40	.017		Lechuga	32	.240
	60	.042			40	.330
Naranjas	32	.017	60		.960	
	40	.029	Melones (excepto sandías)	32	.028	
	60	.104		40	.041	
		60		.125		
Duraznos	32	.023	Hongos	32	.130	
	40	.036		50	.460	
	60	.170				
Peras	32	.016	Cebollas	32	.018	
	40	.230		50	.039	
				70	.075	
Ciruelas	32	.032	Chirivía	32	.045	
	40	.250		40	.073	
				60	.170	
Membrillos	32	.018	Chicharos	32	.170	
	40	.030		60	.820	
	60	.120				
Fresas	32	.048	Pimientos	32	.057	
	40	.120		60	.180	
	60	.360				
			Patatas	32	.014	
				40	.030	
				70	.060	
			Espinacas	40	.260	
				Cauli	40	.070
			Tomate (verde) (maduro)		40	.130
				40	.027	
				40	.040	
			Nabos	32	.040	
				40	.050	

De Carrier Design Data. Reproducido con permiso de Carrier Corporation.

ANEXO 11

EQUIVALENTE CALORIFICO DE MOTORES ELECTRICOS

(Sistema inglés)

EQUIVALENTE CALORIFICO DE MOTORES ELECTRICOS

Btu/hp-h

hp del motor	Carga conectada en el espacio refrigerado ¹	Pérdidas del motor fuera del espacio refrigerado ²	Carga conectada fuera del espacio refrigerado ³
$\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{2}$	4250	2545	1700
$\frac{1}{2}$ a 3	3700	2545	1150
3 a 20	2950	2545	400

¹ Para usarse cuando tanto las pérdidas del motor como la salida útil se disipan dentro del espacio refrigerado. Motores para ventiladores de circulación forzada en enfriadores unitarios.

² Para usarse cuando las pérdidas del motor son disipadas fuera del espacio refrigerado y el trabajo del motor se emplea dentro de este espacio. Bombeo en un sistema de salmuera o agua de enfriamiento circulante, motor de ventilador fuera del espacio refrigerado que mueve al ventilador dentro del espacio.

³ Para usarse cuando las pérdidas de calor en el motor se disipan dentro del espacio refrigerado y el trabajo útil se efectúa fuera de este espacio. Motor en espacio refrigerado, moviendo bomba o ventilador localizado fuera del espacio.

Del ASRE Data Book, Design Volume, Edición 1949, con permiso de la American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

ANEXO 12

EQUIVALENTE CALORIFICO DE PERSONAS

EQUIVALENTE CALORIFICO DE OCUPANTES

(Sistema inglés)

Temperatura del enfriador F	Calor Equivalente/Persona Btu/h
50	720
40	840
30	950
20	1050
10	1200
0	1300
-10	1400

Del ASRE Data Book, Design Volume, Edición 1949, con permiso de la American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers.

EQUIVALENTE CALORIFICO DE OCUPANTES

Sistema métrico decimal

Temperatura del enfriador °C	Calor Equivalente/Persona Kcal/h
10.0	181.44
4.44	211.68
- 1.11	239.40
- 6.67	264.60
-12.1	302.40
-17.8	327.60
-27.55	352.86

Del ASRE Data Book, Design Volume, Edición 1949, con permiso de la American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers.

ANEXO 13

FACTOR DE USO

Sistema inglés
**GANANCIA DE CALOR DE UTILIZACION, BTU POR 24 H
 PARA UN PIE³ DE CAPACIDAD INTERIOR**

Volumen pies ³	Servicio	Reducción de Temperatura en °F (Temperatura exterior menos Temperatura de almacenamiento)								
		40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°
15	Normal	108	122	135	149	162	176	189	203	216
	Intenso	134	151	168	184	201	218	235	251	268
50	Normal	97	109	121	133	145	157	169	182	194
	Intenso	124	140	155	171	186	202	217	233	248
100	Normal	85	96	107	117	128	138	149	160	170
	Intenso	114	128	143	157	171	185	200	214	228
200	Normal	74	83	93	102	111	120	130	139	148
	Intenso	104	117	130	143	156	169	182	195	208
300	Normal	68	77	85	94	102	111	119	128	136
	Intenso	98	110	123	135	147	159	172	184	196
400	Normal	65	73	81	89	97	105	113	122	130
	Intenso	95	107	119	130	142	154	166	178	190
600	Normal	61	68	76	84	91	99	106	114	122
	Intenso	91	103	114	125	137	148	160	171	182
800	Normal	59	67	74	81	89	96	104	111	118
	Intenso	89	100	112	123	134	145	156	167	178
1000	Normal	57	64	72	79	86	93	100	107	114
	Intenso	86	97	108	119	130	140	151	162	173
1200	Normal	55	62	69	76	83	90	97	104	110
	Intenso	84	95	105	116	126	137	147	158	168
1600	Normal	51	58	64	70	77	83	90	96	102
	Intenso	79	89	99	108	118	128	138	148	158

De ASRE Data Book, Design Volume, Edición 1949, con permiso de la American Society of Heating,
 Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

ANEXO 14

CAPACIDADES DE COMPRESORES

DATOS DE CLASIFICACION DEL COMPRESOR

TEMP. DE DESCARGA SAT., °F	SUCCION SAT.		SF20				SF30				SF40				SF60					
			1450 RPM		1750 RPM		1450 RPM		1750 RPM		1450 RPM		1750 RPM		1450 RPM		1750 RPM			
	Temp., °F	Presión lb/psi ^a	litro/h	BHP	litro/h	BHP	litro/h	BHP	litro/h	BHP	litro/h	BHP	litro/h	BHP	litro/h	BHP	litro/h	BHP		
80° 84.1 Psig	—40 —30 —20 —10 0	10.92" 5.45" .6 4.5 9.2	5,300	1.5	6,400	1.8	7,950	2.1	9,600	2.7	10,600	2.9	12,800	3.6	15,900	4.4	19,200	5.4		
			8,450	1.8	10,200	2.3	12,680	2.7	15,300	3.4	16,900	3.6	20,400	4.5	25,400	5.5	30,600	6.8		
			12,600	2.2	15,200	2.7	18,900	3.3	22,800	4.1	25,700	4.4	30,400	5.4	37,800	6.6	45,600	8.2		
			17,500	2.5	21,700	3.2	26,350	3.8	31,800	4.7	35,100	5.1	42,400	6.3	52,700	7.7	63,600	9.5		
			24,000	2.9	29,000	3.6	36,000	4.4	43,500	5.4	48,100	5.8	58,000	7.2	72,100	8.8	87,000	10.9		
	10	14.7	31,600	3.7	38,200	4.0	47,500	4.8	57,300	6.0	63,300	6.4	76,400	8.0	94,900	9.7	114,600	12.0		
	20	21.1	40,500	3.4	49,000	4.2	60,900	5.1	71,500	6.4	81,200	6.8	98,000	8.5	121,800	10.3	147,600	12.7		
	30	28.5	50,700	3.5	61,200	4.3	76,000	5.2	91,800	6.4	101,400	6.9	122,400	8.6	152,000	10.4	183,600	12.9		
	40	37.0	61,000	3.4	76,000	4.2	94,400	5.1	114,000	6.4	126,000	6.8	152,000	8.5	189,000	10.3	228,000	12.7		
	50	46.7	76,800	3.3	92,800	4.1	115,300	5.0	139,200	6.2	153,300	6.7	185,600	8.3	231,000	10.0	278,400	12.4		
90° 99.6 Psig	—40 —30 —20 —10 0	10.92" 5.45" .6 4.5 9.2	4,470	1.4	5,400	1.7	6,710	2.0	8,100	2.5	8,940	2.7	10,800	3.4	13,420	4.1	16,200	5.1		
			7,450	1.8	9,000	2.2	11,180	2.7	13,500	3.4	14,900	3.6	18,000	4.5	22,400	5.4	27,000	6.7		
			11,400	2.1	13,800	2.8	17,150	3.4	20,700	4.2	22,900	4.5	27,600	5.6	34,300	6.8	41,400	8.4		
			16,100	2.7	19,400	3.3	24,100	4.0	29,100	5.0	32,700	5.3	38,800	6.6	48,200	8.1	58,200	10.0		
			22,000	3.1	26,600	3.8	33,000	4.6	39,500	5.7	44,100	6.2	53,200	7.6	66,100	9.3	79,800	11.5		
	10	14.7	29,100	3.4	35,200	4.2	43,700	5.1	52,800	6.4	58,300	6.8	70,400	8.5	87,400	10.2	105,600	12.7		
	20	21.1	37,500	3.7	45,200	4.6	56,100	5.5	67,800	6.9	74,900	7.4	90,400	9.2	112,200	11.1	135,600	13.8		
	30	28.5	47,400	3.8	57,200	4.8	71,000	5.8	85,800	7.1	94,800	7.7	114,400	9.5	142,000	11.5	171,600	14.3		
	40	37.0	59,000	3.9	71,700	4.9	88,400	5.9	106,800	7.3	118,100	7.8	142,400	9.7	177,000	11.8	213,600	14.6		
	50	46.7	72,000	3.8	87,000	4.8	108,100	5.8	130,500	7.1	144,200	7.7	174,000	9.5	216,400	11.5	261,000	14.3		
100° 116.9 Psig	—40 —30 —20 —10 0	10.92" 5.45" .6 4.5 9.2	3,480	1.2	4,200	1.5	5,210	1.9	6,300	2.3	6,920	2.5	8,400	3.1	10,420	3.7	12,600	4.6		
			6,300	1.7	7,600	2.2	9,440	2.6	11,400	3.2	12,600	3.5	15,200	4.3	18,900	5.3	22,800	6.5		
			10,100	2.2	12,200	2.7	15,180	3.3	18,300	4.1	20,200	4.5	24,400	5.6	30,300	6.6	36,600	8.2		
			14,600	2.7	17,600	3.4	21,900	4.1	26,400	5.1	29,200	5.5	35,200	6.8	43,700	8.1	52,800	10.2		
			19,900	3.2	24,000	4.0	29,800	4.8	36,000	6.0	39,800	6.4	48,000	8.0	59,600	9.7	72,000	12.0		
	10	14.7	26,700	3.6	32,200	4.4	40,000	5.4	48,300	6.7	53,300	7.2	64,400	8.9	80,000	10.8	96,600	13.3		
	20	21.1	34,600	3.9	41,800	4.8	52,000	5.8	62,700	7.2	69,300	7.7	83,600	9.6	104,000	11.6	125,400	14.4		
	30	28.5	44,200	4.1	53,400	5.1	66,400	6.2	80,100	7.7	88,400	8.3	106,800	10.2	132,700	12.4	160,200	15.3		
	40	37.0	55,200	4.3	66,600	5.3	82,700	6.4	99,900	8.0	110,300	8.6	132,200	10.6	165,400	12.8	199,800	15.9		
	50	46.7	67,400	4.1	81,400	5.3	101,200	6.4	122,100	8.1	134,900	8.8	162,600	10.7	202,000	12.9	244,700	16.0		
105° 126.2 Psig	—30 —20 —10 0	5.45" .6 4.5 9.2	5,720	1.6	6,900	2.1	8,570	2.5	10,350	3.0	11,440	3.3	13,800	4.1	17,200	5.0	20,700	6.1		
			9,280	2.2	11,200	2.7	13,930	3.3	16,800	4.0	18,600	4.4	22,400	5.4	27,900	6.5	33,600	8.1		
			13,750	2.7	16,600	3.4	20,650	4.1	24,900	5.1	27,500	5.5	33,200	6.8	41,300	8.1	49,800	10.2		
			19,000	3.2	22,500	4.0	28,500	4.8	34,400	5.8	38,500	6.8	45,600	8.4	56,900	10.4	68,700	12.9		
			25,600	3.8	30,500	4.8	37,500	5.8	45,500	6.9	51,500	8.1	61,600	10.1	75,800	12.4	92,700	15.5		
	10	14.7	25,600	3.5	30,500	4.5	37,500	5.5	45,500	6.5	51,500	7.5	61,600	9.5	75,800	11.5	92,700	14.5		
	20	21.1	33,200	3.8	40,200	4.8	49,700	5.8	59,200	7.1	65,700	7.6	79,200	9.6	97,200	11.6	118,200	14.7		
	30	28.5	43,400	4.0	51,400	5.1	63,600	6.4	77,800	7.7	85,400	8.3	102,800	10.1	125,600	12.7	154,200	15.7		
	40	37.0	55,200	4.2	66,600	5.3	82,700	6.4	99,900	8.0	110,300	8.6	132,200	10.6	165,400	12.8	199,800	15.9		
	50	46.7	67,400	4.1	81,400	5.3	101,200	6.4	122,100	8.1	134,900	8.8	162,600	10.7	202,000	12.9	244,700	16.0		
110° 136.0 Psig	—20 —10 0	5.45" .6 4.5 9.2	5,140	1.5	6,200	1.9	7,750	2.3	9,300	2.8	10,280	3.1	12,400	3.8	15,400	4.6	18,600	5.7		
			8,450	2.1	10,200	2.5	12,600	3.2	15,300	3.9	16,900	4.2	20,400	5.2	25,400	6.4	30,600	7.9		
			12,700	2.7	15,600	3.1	19,400	3.8	23,400	4.6	25,800	5.1	31,200	6.3	38,800	8.2	46,800	10.2		
			18,100	3.2	21,800	4.0	27,100	4.8	32,700	5.8	36,200	6.4	43,600	8.0	54,100	9.7	65,400	12.0		
			24,000	3.8	29,000	4.8	36,000	5.8	43,500	6.9	50,500	8.1	58,000	9.6	72,100	11.5	87,000	14.0		
	10	14.7	24,500	3.6	29,600	4.5	36,800	5.5	44,400	6.8	49,600	7.3	59,200	9.0	73,000	11.0	88,800	13.6		
	20	21.1	32,000	4.0	38,600	5.0	48,000	6.0	57,900	7.5	64,000	8.0	77,200	10.0	95,900	12.1	115,800	15.0		
	30	28.5	40,900	4.3	49,400	5.4	61,400	6.5	74,100	8.0	81,700	8.6	98,800	10.7	122,800	13.0	148,200	16.1		
	40	37.0	51,200	4.6	61,800	5.7	76,400	6.8	92,700	8.5	102,300	9.2	123,600	11.4	153,700	13.7	185,400	17.0		
	50	46.7	63,300	4.7	76,400	5.9	94,800	7.1	114,600	8.8	126,500	9.5	152,800	11.8	190,000	14.3	229,200	17.7		
120° 157.1 Psig	—20 —10 0	.6 4.5 9.2	6,950	2.0	8,400	2.4	10,430	3.0	12,600	3.7	13,700	3.9	16,800	4.9	20,900	5.9	25,200	7.3		
			11,100	2.6	13,400	3.2	16,650	3.9	20,100	4.8	22,200	5.2	26,800	6.4	33,500	7.7	40,400	9.6		
			16,000	3.2	19,400	3.9	24,100	4.7	29,100	5.8	32,200	6.4	38,800	8.3	48,200	9.5	58,200	11.8		
			10	14.7	22,200	3.7	26,800	4.6	33,300	5.5	40,200	6.9	44,400	7.4	53,600	9.2	66,600	11.1	80,400	13.8
			20	21.1	29,500	4.2	35,600	5.2	44,200	6.2	53,400	7.7	59,000	8.3	71,200	10.3	88,400	12.5	106,800	15.5
	30	28.5	37,600	4.6	45,400	5.7	56,500	6.8	68,200	8.5	75,300	9.1	90,800	11.3	112,800	13.7	136,200	17.0		
40	37.0	47,200	4.5	57,000	6.1	70,800	7.3	85,500	9.1	94,400	9.8	114,000	12.2	141,700	14.7	171,000	18.2			
50	46.7	59,000	5.1	71,200	6.4	88,400	7.7	106,800	9.5	118,000	10.2	142,400	12.7	177,000	15.4	213,600	19.1			

ANEXO 15

DATOS DE CLASIFICACION DEL COMPRESOR

DATOS DE CLASIFICACION DEL COMPRESOR

	UNIDAD	BF20	BF30	BF40	BF60	BF80	BF100	BF120	BF140-40 Duplex	BF160-40 Duplex	BF180-80 Duplex
DATOS DE SERIALES	Capacidad nominal	5	7 1/2	10	15	25	40	50	60	75	100
	No. de cilindros	2	3	4	6	8	8	8	10	12	16
	Diámetro del cilindro	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4
	Carreta de cilindros	2	2	2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
DESPLAZAMIENTO	litros/min a 1750 RPM	19.90	29.85	39.10	59.60	92.40	138.4	184.7	230.8	276.8	369.4
CAPACIDAD (litros a 1750 rpm con P. 12)	Grupo ANBE I (100" y 100") ¹⁾	17.600	26.400	35.200	52.800	84.000	128.000	168.000	210.000	252.000	336.000
	Grupo ANBE II (5" y 100") ¹⁾	26.000	42.000	56.000	84.000	132.000	198.000	264.000	331.000	397.000	528.000
	Grupo ANBE III (10" y 105") ¹⁾	40.200	60.300	80.400	120.600	180.750	281.000	377.500	471.500	566.000	755.600
	Grupo ANBE IV (40" y 110") ¹⁾	81.800	122.700	163.600	245.400	368.100	552.000	736.000	920.000	1.104.000	1.472.000
DATOS DE VELOCIDAD	Rpm máximo	P. 12 y P. 14		1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
	Rpm mínimo	Operación de descarga para lubricación		600	700	800	900	800	700	1100	900
DATOS DE ALTITUD	Presión mínima de aceite para operación de descarga	22	28	35	45	55	65	75	85	95	110
	Presión recomendada de aceite a 1750 rpm. Duplex ²⁾	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Nivel normal de aceite en paso	Línea de centro	Línea de centro	3/8" arriba de la l. c.	1/2" arriba de la l. c.	5/8" arriba de la l. c.	Línea de centro	Línea de centro	Línea de centro	Línea de centro	Línea de centro
	Carga de aceite en fábrica	5	5 1/2	6	7	8	10	12	14	16	20
PESOS (libras)	Compresor solamente ³⁾	175	215	245	400	610	795	1115			
	Unidad compresor con motor e impulsor			296	510	1250	1610	2310	3250	4620	6710
	Unidad cond. a 3-1/2" x 10" (1.5")	465	515	660	980	1480	1960				
	Unidad cond. a 3-1/2" x 10" (1.5")	545	595	740	1060	1560	2040				
TAMAÑO (pulg.)	Unidad compresor	13 1/2	15 1/2	17 1/2	23 1/2	33 1/2	43 1/2	53 1/2	63 1/2	73 1/2	83 1/2
	Unidad cond. a 3-1/2" x 10" (1.5")	13 1/2	15 1/2	17 1/2	23 1/2	33 1/2	43 1/2	53 1/2	63 1/2	73 1/2	83 1/2

Cartas de Carter Corporation

ANEXO 16

TEMPERATURAS DE SUCCION A LA ENTRADA DEL COMPRESOR

Sistema inglés
TEMPERATURA ESPECIFICADA DE SUCCION A LA ENTRADA DEL
COMPRESOR (R-12 Y R-500)

Temperatura de succión saturada °F	-40	-30	-20	-10	0 o más alta
Temperatura real de succión °F	35	45	55	65	65

Cortesía de Carrier Corporation

Sistema métrico decimal
TEMPERATURA ESPECIFICADA DE SUCCION A LA
ENTRADA DEL COMPRESOR (R-12 Y R-500)

Temperatura de succión saturada °C	-40.0	-34.4	-28.9	-23.3	-17.8 o más alta
Temperatura real de succión °C	1.7	7.2	12.8	18.3	18.3

Cortesía de Carrier Corporation

Sistema inglés
FACTORES DE CORRECCION

Temperatura de saturación del gas de succión. (°F)	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
Factor	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.987	0.997

Cortesía de Carrier Corporation

Sistema métrico decimal
FACTORES DE CORRECCION

Temperatura de saturación del gas de succión. (°C)	-40.0	-34.4	-28.9	-23.3	-17.8	-12.2	-6.7	-1.1	4.4	10.0
Factor	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.987	0.997

Cortesía de Carrier Corporation