

# Manual de datos para ingeniería de los alimentos

**George D. Hayes**

Senior Lecturer in Food Engineering  
Department of Food Manufacture and Distribution  
Manchester Polytechnic

<http://avibert.blogspot.com>

Traducido por el

**Dr. Justino Burgos González**

Catedrático de Tecnología de los Alimentos  
Facultad de Veterinaria  
Universidad de Zaragoza

Editorial ACRIBIA, S. A.  
ZARAGOZA (España)

*Titulo original:* Food Engineering Data Handbook

*Autor:* G. D. Hayes

*Editorial:* Longman Group, UK.

«This translation of Food Engineering Data Handbook, First Edition is published by arrangement with Longman Group UK Limited, London».

---

© Longman Group UK Limited, 1987

© De la edición en lengua española  
Editorial Acribia, S. A. Apartado 466  
50080 ZARAGOZA (España)

---

I.S.B.N. 84-200-0727-7

IMPRESO EN ESPAÑA

PRINTED IN SPAIN

*Reservados todos los derechos para los países de habla española. Este libro no podrá ser reproducido en forma alguna, total o parcialmente, sin el permiso de los editores.*

Depósito legal: Z-1.316-92

Editorial ACRIBIA, S.A. - Royo, 23 - 50006 Zaragoza

---

Imprime: Tipo Línea, S.A. - Isla de Mallorca, s/n. - 50014 Zaragoza, 1992

# INDICE DE CONTENIDO

<http://avibert.blogspot.com>

|                      |    |
|----------------------|----|
| <i>Prólogo</i> ..... | ix |
|----------------------|----|

## CAPITULO 1 INTRODUCCION

|   |    |
|---|----|
| <b>Contenido del capítulo</b> .....                     | 1  |
| 1.1 El sistema internacional de unidades .....          | 2  |
| 1.2 Otros sistemas de unidades .....                    | 3  |
| 1.3 Ejemplos de unidades derivadas y sus símbolos ..... | 5  |
| 1.4 Constantes químicas y físicas fundamentales .....   | 6  |
| 1.5 Tablas de conversiones comunes .....                | 8  |
| 1.6 Unidades de irradiación .....                       | 22 |
| 1.7 Vitaminas — Unidades internacionales .....          | 22 |

## CAPITULO 2 DATOS DE INGENIERIA

|   |    |
|---|----|
| <b>Contenido del capítulo</b> .....   | 25 |
| 2.1 Signos y símbolos utilizados normalmente en ingeniería de alimentos .               | 27 |
| 2.2 Propiedades de los gases .....  | 30 |
| 2.3 Calores de combustión .....   | 32 |
| 2.4 Poder calorífico de los combustibles modernos .....                                 | 33 |
| 2.5 Propiedades termodinámicas del vapor — Tablas de vapor .....                        | 34 |
| 2.6 Propiedades físicas y térmicas del «Thermex» .....                                  | 35 |
| 2.7 Propiedades de sólidos utilizados en ingeniería .....                               | 37 |
| 2.8 Datos sobre cedazos estándar .....  | 44 |
| 2.9 Tamaños estándar de tuberías y datos relativos a las mismas .....                   | 45 |
| 2.10 Materiales de construcción para uso en las industrias alimentarias ....            | 46 |
| 2.11 Propiedades físicas de los fluidos frigorígenos (refrigerantes) .....              | 48 |
| 2.12 Datos de transferencia de calor .....  | 54 |
| 2.13 Transferencia de calor en estado no estacionario (transiente) —<br>Diagramas ..... | 56 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 2.14 | Datos del voltaje de un termopar .....  | 59 |
| 2.15 | Iluminación recomendada para superficies destinadas al tratamiento de los alimentos ..... | 60 |
| 2.16 | Hidrogenación de aceites comestibles — Necesidades de hidrógeno ....                      | 62 |
| 2.17 | Selección de bombas y compresores .....   | 63 |

### **CAPITULO 3 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LOS ALIMENTOS**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Contenido del capítulo .....</b>  | <b>65</b> |
| 3.1 Compendio de datos sobre alimentos .....   | 67        |
| 3.2 pH de los alimentos .....  | 68        |
| 3.3 Contenido en agua de diversos alimentos .....  | 71        |
| 3.4 Viscosidad de los alimentos líquidos .....   | 75        |
| 3.5 Punto de ebullición de las disoluciones de sacarosa (azúcar de caña y de remolacha) .....                      | 79        |
| 3.6 Datos reológicos de los alimentos .....  | 80        |
| 3.7 Densidad de distintos productos sólidos .....  | 82        |
| 3.8 Características físicas de alimentos en polvo .....  | 83        |
| 3.9 Resistencia y propiedades mecánicas de los alimentos .....   | 87        |
| 3.10 Propiedades físicas y químicas de grasas, aceites y productos lácteos ..                                      | 91        |
| 3.11 Datos dilatométricos de contenido en sólidos y de análisis por RMN de grasas y aceites .....                  | 100       |
| 3.12 Densidad y peso específico de las disoluciones acuosas .....  | 101       |
| 3.13 Datos de disoluciones tampón .....  | 102       |
| 3.14 Datos psicrométricos de los alimentos, incluyendo diagramas, tablas de actividad de agua y datos de ERH ..... | 103       |

### **CAPITULO 4 DATOS TERMICOS RELACIONADOS CON LOS ALIMENTOS Y LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

|   |            |
|---|------------|
| <b>Contenido del capítulo .....</b>   | <b>113</b> |
| 4.1 Cálculo de las propiedades térmicas de los alimentos .....  | 113        |
| 4.2 Fórmulas y programas de ordenador .....   | 115        |
| 4.3 Valores tabulados de las propiedades térmicas de los alimentos .....  | 119        |
| 4.4 Energía de activación e inactivación enzimática .....   | 128        |
| 4.5 Datos relativos a microorganismos y enzimas .....   | 129        |
| 4.6 Datos para el cálculo de tratamientos térmicos referidos a algunos microorganismos importantes como causa de deterioro de los alimentos . | 130        |
| 4.7 Contenido calórico de algunos alimentos .....   | 131        |
| 4.8 Propiedades dieléctricas de los alimentos .....   | 132        |

### **CAPITULO 5 DATOS RELATIVOS AL PROCESADO, ALMACENAMIENTO Y ENVASADO DE LOS ALIMENTOS**

|  |            |
|--|------------|
| <b>Contenido del capítulo .....</b>              | <b>133</b> |
| 5.1 Definición de términos en conservería .....  | 135        |
| 5.2 Terminología de los botes de conservas ..... | 139        |
| 5.3 Tamaño y capacidad de los botes .....        | 141        |
| 5.4 Tamaños de bote recomendados .....           | 143        |
| 5.5 Detalles sobre la hojalata .....             | 144        |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 5.6  | Detalles de las lacas o esmaltes de revestimientos .....                                      | 145 |
| 5.7  | Detalles sobre el procesado de algunos productos .....  | 146 |
| 5.8  | Cálculo de tratamientos térmicos — Definición de términos<br>y símbolos .....                 | 154 |
| 5.9  | Valores $F_0$ requeridos para la esterilización comercial .....                               | 156 |
| 5.10 | Origen de los defectos hallados en el sertido — Tabla de la Metal Box<br>plc, Worcester ..... | 157 |
| 5.11 | Tabla de coeficientes de letalidad .....  | 158 |
| 5.12 | Propiedades de los materiales para envasados flexibles .....                                  | 159 |
| 5.13 | Datos sobre aditivos alimentarios .....   | 162 |
| 5.14 | Condiciones de almacenamiento recomendadas .....  | 171 |
|      | <i>Índice alfabético</i> .....  | 177 |

# PROLOGO

El autor ha podido comprobar en sus estudios sobre ingeniería de alimentos y diseño de fábricas de industrias alimentarias, durante las tres últimas décadas, la necesidad de una fuente de datos concisa y compacta que contenga información técnica relativa a la Ciencia y Tecnología de los Alimentos; ha dedicado incontables horas a buscar datos relativos a los alimentos, aunque a menudo solo necesitaba valores groseramente aproximados respecto a un determinado alimento o una propiedad importante desde el punto de vista de la ingeniería.

El presente manual pretende, por consiguiente, presentar de forma conveniente y accesible datos de interés para tecnólogos e ingenieros de los alimentos; sin embargo, dado el rápido desarrollo y la enorme variedad de las industrias alimentarias en el Mundo Occidental, es inevitable que haya algunas omisiones. Espero que esto no reduzca dramáticamente el valor del texto.

Todos aquellos a los que se pidió consejo coincidieron en opinar que el éxito de esta publicación iba a depender mucho de la presentación, por lo que el manual se ha dividido en cinco capítulos, cada uno de los cuales va precedido de un índice amplio y detallado de su contenido.

El primer capítulo se ha pretendido estructurar como una sección introductoria que recogiera el amplio abanico de unidades empleadas en la industria alimentaria y su interconversión. Se consideró prudente reunir todos los datos que no se refieren a alimentos en una sección separada denominada «Datos de Ingeniería». El Capítulo 2 contiene una buena parte de la información que es probable que el ingeniero de alimentos necesite. Las propiedades químicas y físicas de los alimentos aparecen en el Capítulo 3, que incluye datos sobre alimentos y sobre sólidos particulados y gases empleados en la industria alimentaria. El Capítulo 4 contiene numerosos datos sobre las propiedades térmicas de los alimentos, junto con las fórmulas necesarias para predecir esas propiedades y un programa de ordenador apropiado para ello. Todos los datos relativos a envasado y almacenamiento de alimentos se incluyen en el último capítulo, que contiene un resumen de términos referentes al enlatado y listas de las condiciones recomendadas para el tratamiento térmico; también figuran en él algunas recetas.

El autor se halla en deuda con numerosos colegas, académicos e industriales, que han contribuido a hacer posible este libro y quiere dar sus más sinceras gracias, en particular, a David Browning, que «echó a rodar la bola»; al profesor Alan Bailey y su equipo del AFRC (Institute of Food Research, Bristol); a Metal Box plc; a Lyn Bates de Ajax Equipment Ltd. y, finalmente, a Tina Mason de Vuman Computer Systems Ltd., que llevó a cabo la penosa tarea de mecanografiar el texto.

G. D. Hayes

## INTRODUCCION

<http://avibert.blogspot.com>

- 1.1 El sistema internacional de unidades.
  - 1.1.1 Prefijos.
  - 1.1.2 Definiciones.
- 1.2 Otros sistemas de unidades.
  - 1.2.1 Sistema ingenieril anglosajón.
  - 1.2.2 Sistema CGS.
  - 1.2.3 Sistema FPS.
- 1.3 Ejemplos de unidades derivadas y sus símbolos.
- 1.4 Constantes químicas y físicas fundamentales.
  - 1.4.1 Tabla de elementos y sus números atómicos.
  - 1.4.2 Constantes físicas.
- 1.5 Tablas de conversiones comunes.
  - 1.5.1 Tabla de conversiones habituales.
  - 1.5.2 Conversión de grados Celsius en grados Fahrenheit.
  - 1.5.3 Grados tradicionales observables durante el calentamiento de los jarabes.
  - 1.5.4 Presión reducida — Tabla de conversiones aproximadas.
  - 1.5.5 Comparación de varias escalas hidrométricas (peso específico a 15,5 °C).
  - 1.5.6 Relación entre grados Brix, grados Baumé, índice de refracción (IR) y peso específico (PE) para disoluciones de azúcar (sacarosa).
  - 1.5.7 Relación entre lecturas salométricas, peso específico (PE), grados Baumé y concentración de salmueras.
  - 1.5.8 Representación del porcentaje de sal en función de los grados Twaddell en salmueras.
- 1.6 Unidades de irradiación.
  - 1.6.1 Conservación por irradiación — Dosis de irradiación necesarias.
- 1.7 Vitaminas — Unidades internacionales.

### 1.1 El sistema internacional de unidades

Este sistema se basa en las siguientes siete unidades fundamentales: metro (m); kilogramo (kg); segundo (s); amperio (A); kelvin (K); candela (cd) y mol.

Además, se utilizan las siguientes unidades suplementarias o derivadas:

Fuerza = masa  $\times$  aceleración

La unidad SI de fuerza es el newton (N)

$$1 \text{ (N)} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ kg m/s}^2$$

La unidad SI de trabajo o energía es el julio (J),

$$1 \text{ julio (J)} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ Nm}$$

La unidad SI de potencia es el watio (W) = 1 J/s ya que,

$$\begin{aligned} \text{potencia} &= \text{velocidad a que se realiza el trabajo (trabajo realizado en la unidad de tiempo)} \\ &= \text{J/s} = \text{watio} \end{aligned}$$

#### 1.1.1 Prefijos

Prefijos adoptados para los múltiplos y submúltiplos de cada unidad:

| Factor    | Prefijo | Símbolo | Factor     | Prefijo | Símbolo |
|-----------|---------|---------|------------|---------|---------|
| $10^{18}$ | exa     | E       | $10^{-1}$  | deci    | d       |
| $10^{15}$ | peta    | P       | $10^{-2}$  | centi   | c       |
| $10^{12}$ | tera    | T       | $10^{-3}$  | mili    | m       |
| $10^9$    | giga    | G       | $10^{-6}$  | micro   | $\mu$   |
| $10^6$    | mega    | M       | $10^{-9}$  | nano    | n       |
| $10^3$    | kilo    | k       | $10^{-12}$ | pico    | p       |
| $10^2$    | hecto   | h       | $10^{-15}$ | femto   | f       |
| $10^1$    | deca    | da      | $10^{-18}$ | atto    | a       |

#### 1.1.2 Definiciones

| Magnitud | Denominación<br>unidad | Símbolo | Definición   |
|----------|------------------------|---------|--|
| Longitud | metro                  | m       | 1.650.763,73 veces la longitud de onda, en vacío, de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles 2P y 5d del átomo de Kriptón — 86. |



| Magnitud                | Denominación<br>unidad | Símbolo | Definición   |
|-------------------------|------------------------|---------|--|
| Tiempo                  | segundo                | s       | Duración de 9.192.631.770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de Cesio 133.   |
| Masa                    | kilogramo              | kg      | Masa del prototipo de Platino-Iridio conservada en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas. El kilogramo es la única unidad básica definida por un objeto artificial.  |
| Intensidad de corriente | amperio                | A       | La corriente que mantenida entre dos conductores paralelos de longitud infinita y sección transversal circular despreciable, situados a 1 m de distancia en el vacío, produce entre ambos conductores una fuerza igual a $2 \times 10^{-7}$ N por metro de longitud. |
| Temperatura             | kelvin                 | K       | Unidad utilizada para expresar un intervalo o diferencia de temperatura igual a la fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.  |
| Cantidad de sustancia   | mol                    | mol     | La cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas unidades elementales como átomos hay en 0,012 kg de carbono.  |
| Intensidad luminosa     | candela                | cd      | La intensidad luminosa de $1/600.000$ de un metro cuadrado de un cuerpo negro a la temperatura de fusión del platino (2.042 K).  |

## 1.2 Otros sistemas de unidades

Se han propuesto numerosos sistemas de unidades. Los ingenieriles han gozado de una amplia aceptación en el pasado. Se basan en la segunda ley del movimiento de Newton:

Fuerza = (factor de proporcionalidad) (masa) (aceleración)

El valor a dar a este factor de proporcionalidad depende sólo de las unidades adoptadas para medir la fuerza, pero desgraciadamente, por haber sido tradicional representar este factor por el símbolo  $1/g$ , los estudiantes tienden a asociarlo con la aceleración debida a la gravedad.

La segunda ley de Newton puede escribirse:

$$F = 1/g \text{ Ma}$$

de modo que, cuando la fuerza se mide en newtons, la masa en kilogramos y la longitud en metros:

$$1 \text{ N} = 1/g (1 \text{ kg}) (1 \text{ m/s}^2)$$

$$\text{y } g = 1 \text{ kg m/s}^2$$

### 1.2.1 Sistema ingenieril anglosajón

En este sistema, la libra masa se define como la fracción  $1/2.2046$  del kilogramo, la unidad de longitud es el pie, y la unidad de tiempo es el segundo.

Una libra-fuerza (1 lbf) se define como la fuerza que aplicada a una libra masa (1 lbm) produce una aceleración de  $32,174 \text{ ft/s}^2$ .

$$1 \text{ lbf (F)} = (\text{factor de proporcionalidad}) (1 \text{ lbm}) (32,174 \text{ ft/s}^2)$$

$$1 \text{ lbf} = 1/g (1 \text{ lbm}) (32,174 \text{ ft/s}^2)$$

$$g = 32,174 \frac{\text{ft } 1 \text{ lbm}}{1 \text{ lbf } \text{s}^2}$$

### 1.2.2 Sistema CGS

En este sistema, las unidades básicas son las siguientes: longitud = 1 centímetro; masa = 1 gramo; tiempo = 1 segundo.

La unidad de fuerza que comunica a una masa de 1 gramo una aceleración de  $1 \text{ cm/s}^2$  se conoce como dina.

1 dina acelerará a 1 gramo a razón de  $1 \text{ cm/s}^2$

### 1.2.3 Sistema FPS

En el Sistema FPS las unidades básicas son: longitud = 1 pie (ft); masa = 1 libra (lb); tiempo = 1 segundo.

La unidad de fuerza, el poundal, es aquella fuerza que comunicará una aceleración de  $1 \text{ ft/s}^2$  a la masa de 1 libra.

1 poundal acelerará 1 lbm a razón de  $1 \text{ ft/s}^2$

## 1.3 Ejemplos de unidades derivadas y sus símbolos

| Magnitud                                      | Símbolo  | Unidades                       |
|---|----------|--------------------------------|
| Aceleración                                   | a        | $\text{ms}^{-2}$               |
| Velocidad angular                             | $\omega$ | $\text{rad s}^{-1}$            |
| Area  | A        | $\text{m}^2$                   |
| Densidad                                      | $\rho$   | $\text{kgm}^{-3}$              |
| Capacidad eléctrica                           | C        | $\text{CV}^{-1}$               |
| Carga eléctrica                               | Q        | $\text{As}^{-1}$               |
| Potencial eléctrico                           | V        | $\text{WA}^{-1}$               |
| Resistencia eléctrica                         | R        | $\text{VA}^{-1}$               |
| Energía                                       | J        | J                              |
| Entalpía                                      | H        | J                              |
| Fuerza  | F        | N                              |
| Frecuencia                                    | f        | $\text{s}^{-1}$                |
| Flujo de calor                                | -        | $\text{Wm}^{-2}$               |
| Coefficiente de transferencia de calor        | h        | $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  |
| Intensidad luminosa                           | -        | cd                             |
| Flujo luminoso                                | -        | cd sr                          |
| Coefficiente de transferencia másica          | Kg       | $\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$ |
| Fracción molar                                | M        |                                |
| Velocidad de flujo másico                     | G        | $\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$ |
| Número  | n        |                                |
| Coefficiente global de transferencia de calor | U        | $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  |
| Angulo plano                                  | $\theta$ | rad                            |
| Presión                                       | P        | $\text{Nm}^{-2}$               |

*(continúa)*

*(continuación)*

| Magnitud              | Símbolo        | Unidades                           |
|-----------------------|----------------|------------------------------------|
| Potencia              | P              | J s <sup>-1</sup>                  |
| Energía específica    | E              | J kg <sup>-1</sup>                 |
| Calor específico      | C <sub>p</sub> | J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> |
| Volumen específico    | V              | m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup>    |
| Difusividad térmica   | α              | m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>     |
| Conductividad térmica | λ              | W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>  |
| Velocidad             | u              | m s <sup>-1</sup>                  |
| Viscosidad absoluta   | μ              | N s <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup>  |
| Viscosidad cinemática | ν              | m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>     |
| Volumen               | V              | m <sup>3</sup>                     |
| Contenido en agua     | W              | kg <sup>-1</sup>                   |

## 1.4 Constantes químicas y físicas fundamentales

### 1.4.1 Tabla de elementos y sus números atómicos

| Número atómico Z | Símbolo | Nombre    | Número atómico Z | Símbolo | Nombre    |
|------------------|---------|-----------|------------------|---------|-----------|
| 1                | H       | Hidrógeno | 17               | Cl      | Cloro     |
| 2                | He      | Helio     | 18               | A       | Argón     |
| 3                | Li      | Litio     | 19               | K       | Potasio   |
| 4                | Be      | Berilio   | 20               | Ca      | Calcio    |
| 5                | B       | Boro      | 21               | Sc      | Escandio  |
| 6                | C       | Carbono   | 22               | Ti      | Titanio   |
| 7                | N       | Nitrógeno | 23               | V       | Vanadio   |
| 8                | O       | Oxígeno   | 24               | Cr      | Cromo     |
| 9                | F       | Flúor     | 25               | Mn      | Manganeso |
| 10               | Ne      | Neón      | 26               | Fe      | Hierro    |
| 11               | Na      | Sodio     | 27               | Co      | Cobalto   |
| 12               | Mg      | Magnesio  | 28               | Ni      | Niquel    |
| 13               | Al      | Aluminio  | 29               | Cu      | Cobre     |
| 14               | Si      | Silicio   | 30               | Zn      | Cinc      |
| 15               | P       | Fósforo   | 31               | Ga      | Galio     |
| 16               | S       | Azufre    | 32               | Ge      | Germanio  |

| Número atómico<br>Z | Símbolo | Nombre          | Número atómico<br>Z | Símbolo | Nombre             |
|---------------------|---------|-----------------|---------------------|---------|--------------------|
| 33                  | As      | Arsénico        | 70                  | Yb      | Iterbio            |
| 34                  | Se      | Selenio         | 71                  | Lu      | Lutecio            |
| 35                  | Br      | Bromo           | 72                  | Hf      | Hafnio             |
| 36                  | Kr      | Kriptón         | 73                  | Ta      | Tántalo            |
| 37                  | Rb      | Rubidio         | 74                  | W       | Wolframio          |
| 38                  | Sr      | Estroncio       | 75                  | Re      | Renio              |
| 39                  | Y       | Itrio           | 76                  | Os      | Osmio              |
| 40                  | Zr      | Circonio        | 77                  | Ir      | Iridio             |
| 41                  | Nb      | Niobio          | 78                  | Pt      | Platino            |
| 42                  | Mo      | Molibdeno       | 79                  | Au      | Óro                |
| 43                  | Tc      | <i>Tecnecio</i> | 80                  | Hg      | Mercurio           |
| 44                  | Ru      | Rutenio         | 81                  | Tl      | Talio              |
| 45                  | Rh      | Rodio           | 82                  | Pb      | Plomo              |
| 46                  | Pd      | Paladio         | 83                  | Bi      | Bismuto            |
| 47                  | Ag      | Plata           | 84                  | Po      | Polonio            |
| 48                  | Cd      | Cadmio          | 85                  | At      | <i>Astato</i>      |
| 49                  | In      | Indio           | 86                  | Rn      | Radón              |
| 50                  | Sn      | Estaño          | 87                  | Fr      | <i>Francio</i>     |
| 51                  | Sb      | Antimonio       | 88                  | Ra      | Radio              |
| 52                  | Te      | Teluro          | 89                  | Ac      | Actinio            |
| 53                  | I       | Iodo            | 90                  | Th      | Torio              |
| 54                  | Xe      | Xenón           | 91                  | Pa      | Protactinio        |
| 55                  | Cs      | Cesio           | 92                  | U       | Uranio             |
| 56                  | Ba      | Bario           | 93                  | Np      | <i>Neptunio</i>    |
| 57                  | La      | Lantano         | 94                  | Pu      | <i>Plutonio</i>    |
| 58                  | Ce      | Cerio           | 95                  | Am      | <i>Americio</i>    |
| 59                  | Pr      | Praseodimio     | 96                  | Cm      | <i>Curio</i>       |
| 60                  | Nd      | Neodimio        | 97                  | Bk      | <i>Berkelio</i>    |
| 61                  | Pm      | Promecio        | 98                  | Cf      | <i>Californio</i>  |
| 62                  | Sm      | Samario         | 99                  | E       | <i>Eistenio</i>    |
| 63                  | Eu      | Europio         | 100                 | Fm      | <i>Fermio</i>      |
| 64                  | Gd      | Gadolinio       | 101                 | Mv      | <i>Mendelevio</i>  |
| 65                  | Tb      | Terbio          | 102                 | No      | <i>Nobelio</i>     |
| 66                  | Dy      | Disprobio       | 103                 | Lw      | <i>Laurencio</i>   |
| 67                  | Ho      | Holmio          | 104                 | Ku      | <i>Kurchatovio</i> |
| 68                  | Er      | Erbio           | 105                 | Ha      | <i>Hahnio</i>      |
| 69                  | Tm      | Tulio           |                     |         |                    |

Los elementos escritos en *itálica* no existen en la naturaleza, pero han sido producidos artificialmente.

### 1.4.2 Constantes físicas

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| (i) Base de logaritmos naturales      | $e = 2.7183$                           |
| (ii) Aceleración de la gravedad       | $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$            |
| (iii) Número Pi                       | $\Pi = 3.1416$                         |
| (iv) Constante de Planck              | $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$ |
| (v) Velocidad de la luz               | $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$        |
| (vi) Constante universal de los gases | $R = 8.314 \text{ J/mol.K}$            |

## 1.5 Tablas de conversiones comunes

### 1.5.1 Tabla de conversiones habituales

|   |  |   |
|---|--|---|
| Aceleración                               | 1 cm/s <sup>2</sup>                          | : 1.000 0 × 10 <sup>-2</sup> m/s <sup>2</sup> |
|   | 1 m/h <sup>2</sup>                           | : 7.716 0 × 10 <sup>-3</sup> m/s <sup>2</sup> |
|   | 1 ft/s <sup>2</sup>                          | : 3.048 0 × 10 <sup>-1</sup> m/s <sup>2</sup> |
| Area                                      | 1 cm <sup>2</sup>                            | : 1.000 0 × 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup>   |
|   | 1 ft <sup>2</sup>                            | : 9.290 3 × 10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup>   |
|   | 1 in <sup>2</sup>                            | : 6.451 6 × 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup>   |
|   | 1 yd <sup>2</sup>                            | : 8.361 3 × 10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup>   |
|   | 1 acre                                       | : 4.046 9 × 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>    |
|   | 1 mile <sup>2</sup>                          | : 2.590 0 × 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>    |
| Potencia calorífica                       | 1 cal/cm <sup>3</sup>                        | : 4.186 8 × 10 <sup>6</sup> J/m <sup>3</sup>  |
|   | 1 kcal/m <sup>3</sup>                        | : 4.186 8 × 10 <sup>3</sup> J/m <sup>3</sup>  |
|   | 1 Btu/ft <sup>3</sup>                        | : 3.726 0 × 10 <sup>4</sup> J/m <sup>3</sup>  |
|   | 1 Chu/ft <sup>3</sup>                        | : 6.706 7 × 10 <sup>4</sup> J/m <sup>3</sup>  |
|   | 1 therm/ft <sup>3</sup>                      | : 3.726 0 × 10 <sup>9</sup> J/m <sup>3</sup>  |
| 1 kcal/ft <sup>3</sup>                    | : 1.478 6 × 10 <sup>5</sup> J/m <sup>3</sup> |   |
| Coeficiente de expansión<br>(volumétrico) | 1 g/cm <sup>3</sup> °C                       | : 1.000 0 × 10 <sup>3</sup> °C                |
|   | 1 lb/ft <sup>3</sup> °F                      | : 2.883 3 × 10 kg/m <sup>3</sup> °C           |
|   | 1 lb/ft <sup>3</sup> °C                      | : 1.601 8 × 10 kg/m <sup>3</sup> °C           |
| Densidad                                  | 1 g/cm <sup>3</sup>                          | : 1.000 0 × 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> |
|   | 1 lb/ft <sup>3</sup>                         | : 1.601 8 × 10 kg/m <sup>3</sup>              |
|   | 1 lb/UK gal                                  | : 9.977 9 × 10 kg/m <sup>3</sup>              |
|   | 1 lb/US gal                                  | : 1.198 3 × 10 <sup>2</sup> kg/m <sup>3</sup> |
|   | 1 kg/ft <sup>3</sup>                         | : 3.531 5 × 10 kg/m <sup>3</sup>              |

|   |                            |   |  |
|---|----------------------------|---|--|
| Energía                                       | 1 cal                      | : | 4.186 8 J                                    |
|   | 1 kcal                     | : | 4.186 8 × 10 <sup>3</sup> J                  |
|   | 1 Btu                      | : | 1.055 1 × 10 <sup>3</sup> J                  |
|   | 1 erg                      | : | 1.000 0 × 10 <sup>-7</sup> J                 |
|   | 1 hp h(métrico)            | : | 2.647 7 × 10 <sup>6</sup> J                  |
|   | 1 kW h                     | : | 3.600 0 × 10 <sup>6</sup> J                  |
|   | 1 ft pdl                   | : | 4.213 9 × 10 <sup>-2</sup> J                 |
|   | 1 ft lbf                   | : | 1.355 8 J                                    |
|   | 1 Chu                      | : | 1.899 1 × 10 <sup>3</sup> J                  |
|   | 1 hph( Imp)                | : | 2.684 5 × 10 <sup>6</sup> J                  |
|   | 1 termia                   | : | 4.185 5 × 10 <sup>6</sup> J                  |
|   | 1 ft kgf                   | : | 2.989 1 J                                    |
| Fuerza  | 1 dina                     | : | 1.000 0 × 10 <sup>-5</sup> N                 |
|   | 1 kgf                      | : | 9.806 7 N                                    |
|   | 1 pdl                      | : | 1.382 5 × 10 <sup>-1</sup> N                 |
|   | 1 lbf                      | : | 4.448 2 N                                    |
|   | 1 tonf                     | : | 9.964 × 10 <sup>3</sup> N                    |
| Flujo de calor                                | 1 cal/s cm <sup>2</sup>    | : | 4.186 8 × 10 <sup>4</sup> W/m <sup>2</sup>   |
|   | 1 kcal/h m <sup>2</sup>    | : | 1.163 0 W/m <sup>2</sup>                     |
|   | 1 Btu/h ft <sup>2</sup>    | : | 3.154 6 W/m <sup>2</sup>                     |
|   | 1 Chu/h ft <sup>2</sup>    | : | 5.678 4 W/m <sup>2</sup>                     |
|   | 1 kcal/h ft <sup>2</sup>   | : | 1.251 8 W/m <sup>2</sup>                     |
| Velocidad de cesión<br>de calor (másica)      | 1 cal/s g                  | : | 4.186 8 × 10 <sup>3</sup> W/kg               |
|   | 1 kcal/h kg                | : | 1.163 0 W/kg                                 |
|   | 1 Btu/h lb                 | : | 6.461 2 × 10 <sup>-2</sup> W/kg              |
| Velocidad de cesión de calor<br>(volumétrica) | 1 cal/s cm <sup>3</sup>    | : | 4.186 8 × 10 <sup>6</sup> W/m <sup>3</sup>   |
|   | 1 kcal/h m <sup>3</sup>    | : | 1.163 0 W/m <sup>3</sup>                     |
|   | 1 Btu/h ft <sup>3</sup>    | : | 1.035 0 × 10 W/m <sup>3</sup>                |
|   | 1 Chu/h ft <sup>3</sup>    | : | 1.863 0 × 10 W/m <sup>3</sup>                |
| Coefficiente de transferencia<br>calorífica   | 1 cal/s cm <sup>2</sup> °C | : | 4.186 8 × 10 <sup>6</sup> W/m <sup>2</sup> K |
| Longitud                                      | 1 cm                       | : | 1.000 0 × 10 <sup>-3</sup> m                 |
|   | 1 ft                       | : | 3.048 0 × 10 <sup>-1</sup> m                 |
|   | 1 Angstrom                 | : | 1.000 0 × 10 <sup>-10</sup> m                |
|   | 1 micrómetro               | : | 1.000 0 × 10 <sup>-6</sup> m                 |
|   | 1 pulgada (in)             | : | 2.540 0 × 10 <sup>-2</sup> m                 |
|   | 1 yarda (yd)               | : | 9.144 0 × 10 <sup>-1</sup> m                 |
|   | 1 milla                    | : | 1.609 3 × 10 <sup>3</sup> m                  |
| Masa  | 1 g                        | : | 1.000 0 × 10 <sup>-3</sup> kg                |
|   | 1 lb                       | : | 4.535 9 × 10 <sup>-1</sup> kg                |
|   | 1 ton (métrica)            | : | 1.000 0 × 10 <sup>3</sup> kg                 |
|   | 1 grano                    | : | 6.480 0 × 10 <sup>-5</sup> kg                |
|   | 1 onza (oz)                | : | 2.835 0 × 10 <sup>-3</sup> kg                |
|   | 1 cwt                      | : | 5.080 2 × 10 kg                              |

(continúa)

*(continuación)*

|                                      |                            |   |   |
|--------------------------------------|----------------------------|---|---|
| Masa por unidad de área              | 1 g/cm <sup>2</sup>        | : | 1.000 0 × 10 <sup>0</sup> kg/m <sup>2</sup>     |
|                                      | 1 lb/ft <sup>2</sup>       | : | 4.883 4 kg/m <sup>2</sup>                       |
|                                      | 1 lb/in <sup>2</sup>       | : | 7.030 7 × 10 <sup>2</sup> kg/m <sup>2</sup>     |
|                                      | 1 ton/milla <sup>2</sup>   | : | 3.923 0 × 10 <sup>-4</sup> kg/m <sup>2</sup>    |
|                                      | 1 kg/ft <sup>2</sup>       | : | 1.076 4 × 10 <sup>0</sup> kg/m <sup>2</sup>     |
| Gasto másico                         | 1 g/s                      | : | 1.000 0 × 10 <sup>-3</sup> kg/s                 |
|                                      | 1 kg/h                     | : | 2.777 8 × 10 <sup>-4</sup> kg/s                 |
|                                      | 1 lb/s                     | : | 4.535 9 × 10 <sup>-4</sup> kg/s                 |
|                                      | 1 ton/h                    | : | 2.777 8 × 10 <sup>-3</sup> kg/s                 |
|                                      | 1 lb/h                     | : | 1.260 0 × 10 <sup>-4</sup> kg/s                 |
| Flujo másico                         | 1 g/s cm <sup>2</sup>      | : | 1.000 0 × 10 <sup>0</sup> kg/s m <sup>2</sup>   |
|                                      | 1 kg/h m <sup>2</sup>      | : | 2.777 8 × 10 <sup>-6</sup> kg/s m <sup>2</sup>  |
|                                      | 1 lb/s ft <sup>2</sup>     | : | 4.882 4 kg/s m <sup>2</sup>                     |
|                                      | 1 lb/h ft <sup>2</sup>     | : | 1.356 2 × 10 <sup>-3</sup> kg/s m <sup>2</sup>  |
|                                      | 1 kg/h ft <sup>2</sup>     | : | 2.990 0 × 10 <sup>-3</sup> kg/s m <sup>2</sup>  |
| Velocidad de cesión de masa          | 1 g/s cm <sup>3</sup>      | : | 1.000 0 × 10 <sup>3</sup> kg/s m <sup>3</sup>   |
|                                      | 1 kg/h m <sup>3</sup>      | : | 2.777 8 × 10 <sup>-5</sup> kg/s m <sup>3</sup>  |
|                                      | 1 lb/s ft <sup>3</sup>     | : | 1.601 8 × 10 <sup>0</sup> kg/s m <sup>3</sup>   |
|                                      | 1 lb/h ft <sup>3</sup>     | : | 4.449 6 × 10 <sup>-3</sup> kg/s m <sup>3</sup>  |
|                                      | 1 kg/h ft <sup>3</sup>     | : | 9.899 6 × 10 <sup>-3</sup> kg/s m <sup>3</sup>  |
| Coeficiente de transferencia de masa | 1 g/s cm <sup>2</sup> atm  | : | 9.868 7 × 10 <sup>-5</sup> N/m <sup>2</sup>     |
|                                      | 1 kg/h m <sup>2</sup> atm  | : | 2.741 3 × 10 <sup>-9</sup> N/m <sup>2</sup>     |
|                                      | 1 lb/h ft <sup>2</sup> atm | : | 1.338 4 × 10 <sup>-6</sup> N/m <sup>2</sup>     |
|                                      | 1 kg/h ft <sup>2</sup> atm | : | 2.959 7 × 10 <sup>-3</sup> N/m <sup>2</sup>     |
| Impulso, angular                     | 1 g cm <sup>2</sup> /s     | : | 1.000 0 × 10 <sup>-2</sup> kg m <sup>2</sup> /s |
|                                      | 1 lb ft <sup>2</sup> /s    | : | 4.214 0 × 10 <sup>-2</sup> kg m <sup>2</sup> /s |
|                                      | 1 lb ft <sup>2</sup> /h    | : | 1.170 6 × 10 <sup>-6</sup> kg m <sup>2</sup> /s |
| Impulso, lineal                      | 1 g cm/s                   | : | 1.000 0 × 10 <sup>-6</sup> kg m/s               |
|                                      | 1 lb ft/s                  | : | 1.382 5 × 10 <sup>-3</sup> kg m/s               |
|                                      | 1 lb ft/h                  | : | 3.840 4 × 10 <sup>-2</sup> kg m/s               |
| Momento de inercia                   | 1 g cm <sup>2</sup>        | : | 1.000 0 × 10 <sup>-7</sup> kg m <sup>2</sup>    |
|                                      | 1 lb ft <sup>2</sup>       | : | 4.214 0 × 10 <sup>-2</sup> kg m <sup>2</sup>    |
| Potencia                             | 1 cal/s                    | : | 4.186 8 W                                       |
|                                      | 1 kcal/h                   | : | 1.163 0 W                                       |
|                                      | 1 Btu/s                    | : | 1.055 1 × 10 <sup>3</sup> W                     |
|                                      | 1 erg/s                    | : | 1.000 0 × 10 <sup>7</sup> W                     |
|                                      | 1 ton cal/h                | : | 1.163 0 × 10 <sup>3</sup> W                     |
|                                      | 1 hp (métrico)             | : | 7.354 8 × 10 <sup>2</sup> W                     |
|                                      | 1 ft pdl/s                 | : | 4.213 9 × 10 <sup>-2</sup> W                    |
|                                      | 1 ft lbf/s                 | : | 1.355 8 W                                       |
|                                      | 1 Btu/h                    | : | 2.930 8 × 10 <sup>-1</sup> W                    |
|                                      | 1 Chu/h                    | : | 5.275 4 × 10 <sup>-1</sup> W                    |
|                                      | 1 hp (británico)           | : | 7.457 0 × 10 <sup>2</sup> W                     |
|                                      | 1 ton (refrigeración)      | : | 3.516 9 × 10 <sup>3</sup> W                     |



|                                  |                                    |  |  |
|----------------------------------|------------------------------------|--|--|
| Presión                          | 1 dina/cm <sup>2</sup>             | :  | 1.000 0 × 10 <sup>-1</sup> N/m <sup>2</sup>              |
|                                  | 1 kgf/m <sup>2</sup>               | :  | 9.806 7 N/m <sup>2</sup>                                 |
|                                  | 1 pdl/ft <sup>2</sup>              | :  | 1.488 1 N/m <sup>2</sup>                                 |
|                                  | 1 atmos cst                        | :  | 1.013 3 × 10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup>               |
|                                  | 1 atmos                            | :  | 9.806 7 × 10 <sup>4</sup> N/m <sup>2</sup>               |
|                                  | 1 bar                              | :  | 1.000 0 × 10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup>               |
|                                  | 1 lbf/ft <sup>2</sup>              | :  | 4.788 0 × 10 N/m <sup>2</sup>                            |
|                                  | 1 tonf/in <sup>2</sup>             | :  | 1.544 4 × 10 <sup>7</sup> N/m <sup>2</sup>               |
|                                  | 1 in agua                          | :  | 2.490 9 × 10 <sup>2</sup> N/m <sup>2</sup>               |
|                                  | 1 ft agua                          | :  | 2.989 1 × 10 <sup>3</sup> N/m <sup>2</sup>               |
|                                  | 1 mm Hg                            | :  | 1.333 3 × 10 <sup>2</sup> N/m <sup>2</sup>               |
| 1 in Hg                          | :                                  | 3.386 6 × 10 <sup>3</sup> N/m <sup>2</sup> |  |
| Entalpía específica              | 1 cal/g                            | :  | 4.186 8 × 10 <sup>3</sup> J/kg                           |
|                                  | 1 Btu/lb                           | :  | 2.326 0 × 10 <sup>3</sup> J/kg                           |
|                                  | 1 Chu/lb                           | :  | 4.186 8 × 10 <sup>3</sup> J/kg                           |
| Calor específico                 | 1 cal/g °C                         | :  | 4.186 8 × 10 <sup>3</sup> J/kg °C                        |
|                                  | 1 Btu/lb °F                        | :  | 4.186 8 × 10 <sup>3</sup> J/kg °C                        |
| Volumen específico               | 1 cm <sup>3</sup> /g               | :  | 1.000 0 × 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /kg            |
|                                  | 1 ft <sup>3</sup> /lb              | :  | 6.242 8 × 10 <sup>-2</sup> m <sup>3</sup> /kg            |
|                                  | 1 ft <sup>3</sup> /kg              | :  | 2.831 7 × 10 <sup>-2</sup> m <sup>3</sup> /kg            |
| Superficie por unidad de masa    | 1 cm <sup>2</sup> /g               | :  | 1.000 0 × 10 <sup>-1</sup> m <sup>2</sup> /kg            |
|                                  | 1 ft <sup>2</sup> /lb              | :  | 2.048 2 × 10 <sup>-1</sup> m <sup>2</sup> /kg            |
|                                  | 1 m <sup>2</sup> /g                | :  | 1.000 0 × 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> /kg             |
|                                  | 1 ft <sup>2</sup> /kg              | :  | 9.290 3 × 10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup> /kg            |
| Superficie por unidad de volumen | 1 cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> | :  | 1.000 0 × 10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> |
|                                  | 1 ft <sup>2</sup> /ft <sup>3</sup> | :  | 3.280 8 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>                   |
| Tensión superficial              | 1 dina/cm                          | :  | 1.000 × 10 <sup>-3</sup> N/m                             |
| Diferencia de temperatura        | 1 grado F (°R)                     | :  | 5/9 grado C (K)  |
| Conductividad térmica            | 1 cal/s cm <sup>2</sup>            | :  | 4.186 8 × 10 <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>               |
|                                  | 1 kcal/h m <sup>2</sup>            | :  | 1.163 0 W/m <sup>2</sup>                                 |
|                                  | 1 Btu/h ft <sup>2</sup>            | :  | 1.730 8 W/m <sup>2</sup>                                 |
|                                  | 1 Btu/h ft <sup>2</sup> (°F/in)    | :  | 1.412 3 × 10 <sup>-1</sup> W/m <sup>2</sup>              |
|                                  | 1 kcal/h ft <sup>2</sup>           | :  | 3.815 6 W/m <sup>2</sup>                                 |
| Tiempo                           | 1 h                                | :  | 3.600 0 × 10 <sup>3</sup> s                              |
|                                  | 1 min                              | :  | 6.000 0 × 10 s   |
|                                  | 1 día                              | :  | 8.640 0 × 10 <sup>4</sup> s                              |
|                                  | 1 año                              | :  | 3.155 8 × 10 <sup>7</sup> s                              |
| Velocidad                        | 1 cm/s                             | :  | 1.000 0 × 10 <sup>-2</sup> m/s                           |
|                                  | 1 m/h                              | :  | 2.777 8 × 10 <sup>-4</sup> m/s                           |
|                                  | 1 ft/s                             | :  | 3.048 0 × 10 <sup>-1</sup> m/s                           |
|                                  | 1 ft/h                             | :  | 8.466 7 × 10 <sup>-5</sup> m/s                           |
|                                  | 1 milla/h                          | :  | 4.470 4 × 10 <sup>-1</sup> m/s                           |

(continúa)

*(continuación)*

|   |                        |   |  |
|---|------------------------|---|--|
| Viscosidad (absoluta)                     | 1 g/cm s               | : | 1.000 0 × 10 <sup>-1</sup> N s/m <sup>2</sup>  |
|   | 1 kg/m h               | : | 2.777 8 × 10 <sup>-4</sup> kg/ms               |
|   | 1 lb/ft s              | : | 1.488 2 kg/m s                                 |
|   | 1 lb/ft h              | : | 4.133 8 × 10 <sup>-4</sup> kg/ms               |
|   | 1 kg/ft h              | : | 9.113 4 × 10 <sup>-4</sup> kg/ms               |
| Viscosidad (cinemática)                   | 1 cm <sup>2</sup> /s   | : | 1.000 0 × 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s   |
|   | 1 m <sup>2</sup> /h    | : | 2.777 8 × 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s   |
|   | 1 ft <sup>2</sup> /s   | : | 9.290 3 × 10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup> /s   |
|   | 1 ft <sup>2</sup> /h   | : | 2.580 6 × 10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> /s   |
| Volumen                                   | 1 cm <sup>3</sup>      | : | 1.000 0 × 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup>      |
|   | 1 ft <sup>3</sup>      | : | 2.831 7 × 10 <sup>-2</sup> m <sup>3</sup>      |
|   | 1 litro                | : | 1.000 0 × 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>      |
|   | 1 in <sup>3</sup>      | : | 1.638 7 × 10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup>      |
|   | 1 yd <sup>3</sup>      | : | 7.645 5 × 10 <sup>-1</sup> m <sup>3</sup>      |
|   | 1 UK gal               | : | 4.546 0 × 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>      |
|   | 1 US gal               | : | 3.785 3 × 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>      |
| Flujo volumétrico                         | 1 cm <sup>3</sup> /s   | : | 1.000 0 × 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /s   |
|   | 1 m <sup>3</sup> /h    | : | 2.777 8 × 10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> /s   |
|   | 1 ft <sup>3</sup> /s   | : | 2.831 7 × 10 <sup>-2</sup> m <sup>3</sup> /s   |
|   | 1 cm <sup>3</sup> /min | : | 1.666 7 × 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s   |
|   | 1 litro/min            | : | 1.666 7 × 10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> /s   |
|   | 1 ft <sup>3</sup> /min | : | 4.719 5 × 10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> /s   |
|   | 1 ft <sup>3</sup> /h   | : | 7.865 8 × 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /s   |
|   | 1 UK gal/min           | : | 7.576 6 × 10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> /s   |
|   | 1 US gal/min           | : | 6.308 9 × 10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> /s   |
|   | 1 UK gal/h             | : | 1.262 8 × 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /s   |
|   | 1 US gal/h             | : | 1.051 5 × 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /s   |
| Velocidad de humedecimiento (volumétrico) | 1 litro/h in           | : | 1.093 6 × 10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> /s m |

## 1.5.2 Conversión de grados Celsius en grados Fahrenheit

| °C     | °F     | °C     | °F    |    |       |
|--------|--------|--------|-------|----|-------|
| -273.1 | -459.4 | -      | -17.2 | 1  | 33.8  |
| -268   | -450   | -      | -16.7 | 2  | 35.8  |
| -262   | -440   | -      | -16.1 | 3  | 37.4  |
| -257   | -430   | -      | -15.6 | 4  | 39.2  |
| -251   | -420   | -      | -15   | 5  | 41    |
| -246   | -410   | -      | -14.4 | 6  | 42.8  |
| -240   | -400   | -      | -13.9 | 7  | 44.6  |
| -234   | -390   | -      | -13.3 | 8  | 46.4  |
| -229   | -380   | -      | -12.8 | 9  | 48.2  |
| -223   | -370   | -      | -12.2 | 10 | 50    |
| -218   | -360   | -      | -11.7 | 11 | 51.8  |
| -212   | -350   | -      | -11.1 | 12 | 53.6  |
| -207   | -340   | -      | -10.6 | 13 | 55.4  |
| -201   | -330   | -      | -10   | 14 | 57.2  |
| -196   | -320   | -      | -9.44 | 15 | 59    |
| -190   | -310   | -      | -9.89 | 16 | 60.8  |
| -184   | -300   | -      | -8.33 | 17 | 62.6  |
| -179   | -290   | -      | -7.78 | 18 | 64.4  |
| -173   | -280   | -      | -7.22 | 19 | 66.2  |
| -169   | -273   | -459.4 | -6.67 | 20 | 68    |
| -168   | -270   | -454   | -6.11 | 21 | 69.8  |
| -162   | -260   | -436   | -5.56 | 22 | 71.6  |
| -157   | -250   | -418   | -5    | 23 | 73.4  |
| -151   | -240   | -400   | -4.44 | 24 | 75.2  |
| -146   | -230   | -382   | -3.89 | 25 | 77    |
| -140   | -220   | -364   | -3.33 | 26 | 78.88 |
| -134   | -210   | -346   | -2.78 | 27 | 80.6  |
| -129   | -200   | -328   | -2.22 | 28 | 82.4  |
| -123   | -190   | -310   | -1.67 | 29 | 84.2  |
| -118   | -180   | -292   | -1.11 | 30 | 86    |
| -112   | -170   | -274   | -0.56 | 31 | 87.8  |
| -107   | -160   | -256   | 0     | 32 | 89.6  |
| -101   | -150   | -238   | 0.56  | 33 | 91.4  |
| -95.6  | -140   | -220   | 1.11  | 34 | 93.2  |
| -90    | -130   | -202   | 1.67  | 35 | 95    |
| -84.4  | -120   | -184   | 2.22  | 36 | 96.8  |
| -78.9  | -110   | -166   | 2.78  | 37 | 98.6  |
| -73.3  | -100   | -148   | 3.33  | 38 | 100.4 |
| -67.8  | -90    | -130   | 3.89  | 39 | 102.2 |
| -62.2  | -80    | -112   | 4.44  | 40 | 104   |
| -56.7  | -70    | -94    | 5     | 41 | 105.8 |
| -51.1  | -60    | -76    | 5.56  | 42 | 107.6 |
| -45.6  | -50    | -58    | 6.11  | 43 | 109.4 |
| -40    | -40    | -40    | 6.67  | 44 | 111.2 |
| -34.4  | -30    | -22    | 7.22  | 45 | 113   |
| -28.9  | -20    | -4     | 7.78  | 46 | 114.8 |
| -23.3  | -10    | 14     | 8.33  | 47 | 116.6 |
| -17.8  | 0      | 32     | 8.89  | 48 | 118.4 |

(continúa)

*(continuación)*

| °C   |     | °F    |     | °C  |     | °F |  |
|------|-----|-------|-----|-----|-----|----|--|
| 9.44 | 49  | 120.2 | 66  | 150 | 302 |    |  |
| 10   | 50  | 122   | 71  | 160 | 320 |    |  |
| 10.6 | 51  | 123.8 | 77  | 170 | 338 |    |  |
| 11.1 | 52  | 125.6 | 82  | 180 | 356 |    |  |
| 11.7 | 53  | 127.4 | 88  | 190 | 374 |    |  |
| 12.2 | 54  | 129.2 | 93  | 200 | 392 |    |  |
| 12.8 | 55  | 131   | 99  | 210 | 410 |    |  |
| 13.3 | 56  | 132.8 | 100 | 212 | 413 |    |  |
| 13.9 | 57  | 134.6 | 104 | 220 | 428 |    |  |
| 14.4 | 58  | 136.4 | 110 | 230 | 446 |    |  |
| 15   | 59  | 138.2 | 116 | 240 | 464 |    |  |
| 15.6 | 60  | 140   | 121 | 250 | 482 |    |  |
| 16.1 | 61  | 141.8 | 127 | 260 | 500 |    |  |
| 16.7 | 62  | 143.6 | 132 | 270 | 518 |    |  |
| 17.2 | 63  | 145.4 | 138 | 280 | 536 |    |  |
| 17.8 | 64  | 147.2 | 149 | 300 | 572 |    |  |
| 18.3 | 65  | 149   | 154 | 310 | 590 |    |  |
| 18.9 | 66  | 150.8 | 160 | 320 | 608 |    |  |
| 19.4 | 67  | 152.6 | 166 | 330 | 626 |    |  |
| 20   | 68  | 154.4 | 171 | 340 | 644 |    |  |
| 20.6 | 69  | 156.2 | 177 | 350 | 662 |    |  |
| 21.1 | 70  | 158   | 182 | 360 | 680 |    |  |
| 23.9 | 75  | 167   | 188 | 370 | 698 |    |  |
| 26.7 | 80  | 176   | 193 | 380 | 716 |    |  |
| 29.4 | 85  | 185   | 199 | 390 | 734 |    |  |
| 32.2 | 90  | 194   | 204 | 400 | 752 |    |  |
| 35   | 95  | 203.3 | 210 | 410 | 770 |    |  |
| 35.6 | 96  | 204.8 | 216 | 420 | 788 |    |  |
| 36.1 | 97  | 206.6 | 221 | 430 | 806 |    |  |
| 36.7 | 98  | 208.4 | 227 | 440 | 824 |    |  |
| 37.2 | 99  | 210.2 | 232 | 450 | 842 |    |  |
| 37.8 | 100 | 212   | 238 | 460 | 854 |    |  |
| 43   | 109 | 230   | 243 | 470 | 878 |    |  |
| 49   | 120 | 248   | 249 | 480 | 896 |    |  |
| 54   | 130 | 266   | 254 | 490 | 914 |    |  |
| 60   | 140 | 284   | 260 | 500 | 932 |    |  |

## Interpolación

| °C   |   | °F   |  |
|------|---|------|--|
| 0.56 | 1 | 1.8  |  |
| 1.11 | 2 | 3.6  |  |
| 1.67 | 3 | 5.4  |  |
| 2.22 | 4 | 7.2  |  |
| 2.78 | 5 | 9.0  |  |
| 3.33 | 6 | 10.8 |  |
| 3.89 | 7 | 12.6 |  |
| 4.44 | 8 | 14.4 |  |
| 5.00 | 9 | 16.2 |  |

**1.5.3 Grados tradicionales observables durante el calentamiento de los jarabes**

| Denominación                   | Prueba | Observación                                   | Temperatura<br>°C |
|--------------------------------|--------|---|-------------------|
| Hebra fina                     | A      | Se forman hebras débiles                      | 103               |
| Hebra gruesa                   | A      | Se forman hebras más gruesas y resistentes    | 104               |
| Perla pequeña                  | B      | Se forman gotitas                             | 105               |
| Perla gruesa                   | B      | Se forman gotas grandes                       | 106               |
| Soflón                         | C      | Se forman burbujas en el jarabe               | 110               |
| Pluma                          | B      | Se constituyen hebras en forma de plumas      | 111               |
| Caramelo blando (bola pequeña) | B      | El jarabe forma bolas blandas                 | 116               |
| Caramelo duro (bola grande)    | B      | El jarabe forma bolas duras                   | 120               |
| Crack ligero                   | B      | Forma láminas finas                           | 129               |
| Crack medio                    | B      | Forma láminas ligeramente quebradizas         | 133               |
| Crack duro                     | B      | Las láminas se forman rápidamente             | 143               |
| Crack extraduro                | B      | Las láminas muestran indicios de pardeamiento | 168               |
| Caramelo                       | B      | Se forman láminas marrones y quebradizas      | 180               |

*Detalles de la pruebas*

- Prueba A Colóquese una muestra de jarabe entre dos dedos humedecidos y sepárense estos.
- Prueba B Introdúzcase el dedo o una espátula (a temperaturas superiores a 110 °C) en agua, luego en una porción del jarabe y nuevamente en agua.
- Prueba C Sóplese sobre la espátula introducida en el jarabe.

## 1.5.4 Presión reducida — Tabla de conversiones aproximadas

| Pulgadas de Hg      |                          | mm Hg<br>(torr) | lb/in <sup>2</sup><br>P. absol. | Pulgadas agua<br>P. absol. |
|---------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------|
| Presión<br>absoluta | Lectura en<br>vacuómetro |                 |                                 |                            |
| 29                  | 1                        | 735             | 14.2                            | 394                        |
| 28                  | 2                        | 709             | 13.7                            | 381                        |
| 27                  | 3                        | 684             | 13.2                            | 367                        |
| 26                  | 4                        | 659             | 12.7                            | 354                        |
| 25                  | 5                        | 633             | 12.2                            | 340                        |
| 24                  | 6                        | 608             | 11.8                            | 326                        |
| 23                  | 7                        | 583             | 11.3                            | 313                        |
| 22                  | 8                        | 557             | 10.8                            | 299                        |
| 21                  | 9                        | 532             | 10.3                            | 286                        |
| 20                  | 10                       | 507             | 9.8                             | 272                        |
| 19                  | 11                       | 481             | 9.3                             | 258                        |
| 18                  | 12                       | 456             | 8.8                             | 245                        |
| 17                  | 13                       | 431             | 8.3                             | 231                        |
| 16                  | 14                       | 405             | 7.8                             | 218                        |
| 15                  | 15                       | 380             | 7.3                             | 204                        |
| 14                  | 16                       | 355             | 6.9                             | 190                        |
| 13                  | 17                       | 329             | 6.4                             | 177                        |
| 12                  | 18                       | 304             | 5.9                             | 163                        |
| 11                  | 19                       | 279             | 5.4                             | 150                        |
| 10                  | 20                       | 253             | 4.9                             | 136                        |
| 9                   | 21                       | 228             | 4.4                             | 122                        |
| 8                   | 22                       | 203             | 3.9                             | 109                        |
| 7                   | 23                       | 177             | 3.4                             | 95                         |
| 6                   | 24                       | 152             | 2.9                             | 82                         |
| 5                   | 25                       | 127             | 2.4                             | 68                         |
| 4                   | 26                       | 101             | 2.0                             | 54                         |
| 3                   | 27                       | 76              | 1.5                             | 41                         |
| 2                   | 28                       | 51              | 1.0                             | 27                         |
| 1                   | 29                       | 25              | 0.49                            | 14                         |
| 0.8                 | 29.2                     | 20              | 0.39                            | 11                         |
| 0.6                 | 29.4                     | 15              | 0.29                            | 8                          |
| 0.4                 | 29.6                     | 10              | 0.20                            | 5                          |
| 0.2                 | 29.8                     | 5               | 0.10                            | 3                          |

**1.5.5 Comparación de varias escalas hidrométricas (peso específico a 15,5 °C)**

| Grados Baumé | Peso específico | Grados Twaddell<br>60 °F (15,6 °C) | Grados Brix<br>60 °F (15,6 °C) |
|--------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 0            | 1.000           | 0                                  | 0                              |
| 1            | 1.007           | 1.4                                | 2.8                            |
| 2            | 1.014           | 2.8                                | 5.5                            |
| 3            | 1.021           | 4.2                                | 8.2                            |
| 4            | 1.028           | 5.6                                | 10.9                           |
| 5            | 1.036           | 7.2                                | 13.9                           |
| 6            | 1.043           | 8.6                                | 16.5                           |
| 7            | 1.051           | 10.2                               | 19.4                           |
| 8            | 1.058           | 11.6                               | 21.9                           |
| 9            | 1.066           | 13.2                               | 24.8                           |
| 10           | 1.074           | 14.8                               | 27.5                           |
| 11           | 1.082           | 16.4                               | 30.3                           |
| 12           | 1.090           | 18.0                               | 33.0                           |
| 13           | 1.098           | 19.6                               | 36.0                           |
| 14           | 1.107           | 21.4                               | 39.0                           |
| 15           | 1.115           | 23.0                               | 41.3                           |
| 16           | 1.124           | 24.8                               | 44.2                           |
| 17           | 1.133           | 26.6                               | 46.5                           |
| 18           | 1.142           | 28.4                               | 49.7                           |
| 19           | 1.151           | 30.2                               | 52.5                           |
| 20           | 1.160           | 32.0                               | 55.2                           |
| 22           | 1.179           | 35.8                               | 60.7                           |
| 24           | 1.198           | 39.4                               | 66.1                           |
| 26           | 1.218           | 43.6                               | 71.6                           |
| 28           | 1.239           | 47.8                               | 77.2                           |
| 30           | 1.261           | 52.2                               | 82.8                           |
| 32           | 1.283           | 56.6                               | 88.3                           |
| 34           | 1.306           | 61.2                               | 93.7                           |
| 36           | 1.330           | 66.0                               | 99.2                           |
| 38           | 1.355           | 71.0                               | 104.7                          |
| 40           | 1.381           | 76.2                               | 110.3                          |
| 42           | 1.408           | 81.6                               | 115.9                          |
| 44           | 1.436           | 87.0                               | 121.3                          |
| 46           | 1.465           | 93.0                               | 126.7                          |
| 48           | 1.495           | 99.0                               | 132.4                          |
| 50           | 1.526           | 105.2                              | 137.9                          |
| 52           | 1.559           | 111.8                              | 143.4                          |
| 54           | 1.593           | 118.6                              | 148.9                          |
| 56           | 1.629           | 125.8                              | 154.5                          |
| 58           | 1.666           | 133.4                              | 160.0                          |
| 60           | 1.706           | 141.2                              | 165.5                          |
| 62           | 1.747           | 149.4                              | 171.0                          |
| 64           | 1.790           | 158.0                              | 176.5                          |
| 66           | 1.835           | 167.0                              | 182.0                          |
| 68           | 1.883           | 176.6                              | 187.5                          |
| 70           | 1.933           | 186.6                              | 193.0                          |
| 72.5         | 2.000           | 200.0                              | 200.0                          |

**1.5.6 Relación entre grados Brix, grados Baumé, índice de refracción (IR) y peso específico (PE) para disoluciones de azúcar (sacarosa)**

| Grados Brix | IR a 20 °C | Grados Baumé | PE 20°/20C | Grados Brix | IR a 20 °C | Grados Baumé | PE 20°/20C |
|-------------|------------|--------------|------------|-------------|------------|--------------|------------|
| 0.0         | 1.3330     | 0.00         | 1.0000     | 9.4         | 1.3469     | 5.24         | 1.0376     |
| 0.2         | 1.3333     | 0.11         | 1.0008     | 9.6         | 1.3472     | 5.35         | 1.0384     |
| 0.4         | 1.3336     | 0.22         | 1.0016     | 9.8         | 1.3475     | 5.46         | 1.0392     |
| 0.6         | 1.3339     | 0.34         | 1.0023     | 10.0        | 1.3478     | 5.57         | 1.0400     |
| 0.8         | 1.3341     | 0.45         | 1.0031     | 10.2        | 1.3481     | 5.68         | 1.0408     |
| 1.0         | 1.3344     | 0.56         | 1.0039     | 10.4        | 1.3485     | 5.80         | 1.0416     |
| 1.2         | 1.3347     | 0.67         | 1.0047     | 10.6        | 1.3488     | 5.91         | 1.0425     |
| 1.4         | 1.3350     | 0.79         | 1.0055     | 10.8        | 1.3491     | 6.02         | 1.0433     |
| 1.6         | 1.3353     | 0.90         | 1.0062     | 11.0        | 1.3494     | 6.13         | 1.0441     |
| 1.8         | 1.3356     | 1.01         | 1.0070     | 11.2        | 1.3497     | 6.24         | 1.0450     |
| 2.0         | 1.3359     | 1.12         | 1.0078     | 11.4        | 1.3500     | 6.35         | 1.0458     |
| 2.2         | 1.3362     | 1.23         | 1.0086     | 11.6        | 1.3503     | 6.46         | 1.0466     |
| 2.4         | 1.3365     | 1.34         | 1.0094     | 11.8        | 1.3506     | 6.57         | 1.0475     |
| 2.6         | 1.3368     | 1.46         | 1.0102     | 12.0        | 1.3509     | 6.68         | 1.0483     |
| 2.8         | 1.3370     | 1.57         | 1.0109     | 12.2        | 1.3512     | 6.79         | 1.0492     |
| 3.0         | 1.3373     | 1.68         | 1.0117     | 12.4        | 1.3516     | 6.90         | 1.0500     |
| 3.2         | 1.3376     | 1.79         | 1.0125     | 12.6        | 1.3519     | 7.02         | 1.0508     |
| 3.4         | 1.3379     | 1.90         | 1.0133     | 12.8        | 1.3519     | 7.13         | 1.0517     |
| 3.6         | 1.3382     | 2.02         | 1.0141     | 13.0        | 1.3525     | 7.24         | 1.0525     |
| 3.8         | 1.3385     | 2.13         | 1.0149     | 13.2        | 1.3528     | 7.35         | 1.0534     |
| 4.0         | 1.3388     | 2.24         | 1.0157     | 13.4        | 1.3531     | 7.46         | 1.0542     |
| 4.2         | 1.3391     | 2.35         | 1.0165     | 13.6        | 1.3534     | 7.57         | 1.0551     |
| 4.4         | 1.3394     | 2.46         | 1.0173     | 13.8        | 1.3538     | 7.68         | 1.0559     |
| 4.6         | 1.3397     | 2.57         | 1.0181     | 14.0        | 1.3541     | 7.79         | 1.0568     |
| 4.8         | 1.3400     | 2.68         | 1.0189     | 14.2        | 1.3544     | 7.90         | 1.0576     |
| 5.0         | 1.3403     | 2.79         | 1.0197     | 14.4        | 1.3547     | 8.01         | 1.0585     |
| 5.2         | 1.3406     | 2.91         | 1.0205     | 14.6        | 1.3550     | 8.12         | 1.0593     |
| 5.4         | 1.3409     | 3.02         | 1.0213     | 14.8        | 1.3554     | 8.23         | 1.0602     |
| 5.6         | 1.3412     | 3.13         | 1.0221     | 15.0        | 1.3557     | 8.34         | 1.0610     |
| 5.8         | 1.3415     | 3.24         | 1.0229     | 15.2        | 1.3560     | 8.45         | 1.0619     |
| 6.0         | 1.3418     | 3.35         | 1.0237     | 15.4        | 1.3563     | 8.56         | 1.0628     |
| 6.2         | 1.3421     | 3.46         | 1.0245     | 15.6        | 1.3566     | 8.67         | 1.0636     |
| 6.4         | 1.3424     | 3.57         | 1.0253     | 15.8        | 1.3570     | 8.78         | 1.0645     |
| 6.6         | 1.3427     | 3.69         | 1.0261     | 16.0        | 1.3573     | 8.89         | 1.0653     |
| 6.8         | 1.3430     | 3.80         | 1.0269     | 16.2        | 1.3576     | 9.00         | 1.0662     |
| 7.0         | 1.3433     | 3.91         | 1.0277     | 16.4        | 1.3579     | 9.11         | 1.0671     |
| 7.2         | 1.3436     | 4.02         | 1.0285     | 16.6        | 1.3583     | 9.22         | 1.0680     |
| 7.4         | 1.3439     | 4.13         | 1.0294     | 16.8        | 1.3586     | 9.33         | 1.0688     |
| 7.6         | 1.3442     | 4.24         | 1.0302     | 17.0        | 1.3589     | 9.44         | 1.0697     |
| 7.8         | 1.3445     | 4.35         | 1.0310     | 17.2        | 1.3592     | 9.55         | 1.0706     |
| 8.0         | 1.3448     | 4.46         | 1.0318     | 17.4        | 1.3596     | 9.66         | 1.0714     |
| 8.2         | 1.3451     | 4.58         | 1.0326     |             |            |              |            |
| 8.4         | 1.3454     | 4.69         | 1.0334     |             |            |              |            |
| 8.6         | 1.3457     | 4.80         | 1.0343     |             |            |              |            |
| 8.8         | 1.3460     | 4.91         | 1.0351     |             |            |              |            |
| 9.0         | 1.3463     | 5.02         | 1.0359     |             |            |              |            |
| 9.2         | 1.3466     | 5.13         | 1.0367     |             |            |              |            |



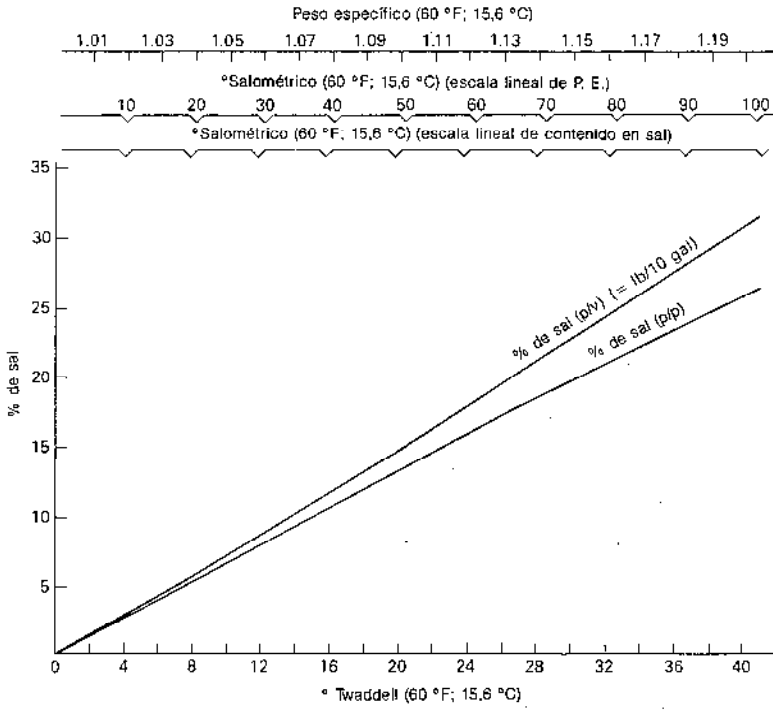
<http://avibert.blogspot.com>

| Grados<br>Brix | IR a<br>20 °C | Grados<br>Baumé | PE<br>20%/20C | Grados<br>Brix | IR a<br>20 °C | Grados<br>Baumé | PE<br>20%/20C |
|----------------|---------------|-----------------|---------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|
| 17.6           | 1.3599        | 9.78            | 1.0723        | 27.0           | 1.3758        | 14.93           | 1.1148        |
| 17.8           | 1.3602        | 9.89            | 1.0732        | 27.2           | 1.3761        | 15.04           | 1.1157        |
| 18.0           | 1.3605        | 10.00           | 1.0740        | 27.4           | 1.3765        | 15.15           | 1.1167        |
| 18.2           | 1.3609        | 10.11           | 1.0749        | 27.6           | 1.3768        | 15.26           | 1.1176        |
| 18.4           | 1.3612        | 10.22           | 1.0758        | 27.8           | 1.3772        | 15.37           | 1.1186        |
| 18.6           | 1.3615        | 10.33           | 1.0767        | 28.0           | 1.3775        | 15.48           | 1.1195        |
| 18.8           | 1.3618        | 10.44           | 1.0776        | 28.2           | 1.3779        | 15.59           | 1.1204        |
| 19.0           | 1.3622        | 10.55           | 1.0784        | 28.4           | 1.3782        | 15.69           | 1.1214        |
| 19.2           | 1.3625        | 10.66           | 1.0793        | 28.6           | 1.3786        | 15.80           | 1.1223        |
| 19.4           | 1.3628        | 10.77           | 1.0802        | 28.8           | 1.3789        | 15.91           | 1.1233        |
| 19.6           | 1.3632        | 10.88           | 1.0811        | 29.0           | 1.3793        | 16.02           | 1.1242        |
| 19.8           | 1.3635        | 10.99           | 1.0820        | 29.2           | 1.3797        | 16.13           | 1.1252        |
| 20.0           | 1.3638        | 11.10           | 1.0829        | 29.4           | 1.3800        | 16.24           | 1.1261        |
| 20.2           | 1.3642        | 11.21           | 1.0838        | 29.6           | 1.3804        | 16.35           | 1.1271        |
| 20.4           | 1.3645        | 11.32           | 1.0847        | 29.8           | 1.3807        | 16.46           | 1.1280        |
| 20.6           | 1.3648        | 11.43           | 1.0855        | 30.0           | 1.3811        | 16.57           | 1.1290        |
| 20.8           | 1.3652        | 11.54           | 1.0864        | 30.2           | 1.3815        | 16.67           | 1.1299        |
| 21.0           | 1.3655        | 11.65           | 1.0873        | 30.4           | 1.3818        | 16.78           | 1.1309        |
| 21.2           | 1.3658        | 11.76           | 1.0882        | 30.6           | 1.3822        | 16.89           | 1.1319        |
| 21.4           | 1.3662        | 11.87           | 1.0891        | 30.8           | 1.3825        | 17.00           | 1.1328        |
| 21.6           | 1.3665        | 11.98           | 1.0903        | 31.0           | 1.3829        | 17.11           | 1.1338        |
| 21.8           | 1.3668        | 12.09           | 1.0909        | 31.2           | 1.3833        | 17.22           | 1.1347        |
| 22.0           | 1.3672        | 12.20           | 1.0918        | 31.4           | 1.3836        | 17.33           | 1.1357        |
| 22.2           | 1.3675        | 12.31           | 1.0927        | 31.6           | 1.3840        | 17.43           | 1.1367        |
| 22.4           | 1.3679        | 12.42           | 1.0936        | 31.8           | 1.3843        | 17.54           | 1.1376        |
| 22.6           | 1.3682        | 12.52           | 1.0945        | 32.0           | 1.3847        | 17.65           | 1.1386        |
| 22.8           | 1.3685        | 12.63           | 1.0955        | 32.2           | 1.3851        | 17.76           | 1.1396        |
| 23.0           | 1.3689        | 12.74           | 1.0964        | 32.4           | 1.3854        | 17.87           | 1.1406        |
| 23.2           | 1.3692        | 12.85           | 1.0973        | 32.6           | 1.3858        | 17.98           | 1.1415        |
| 23.4           | 1.3696        | 12.96           | 1.0982        | 32.8           | 1.3861        | 18.08           | 1.1425        |
| 23.6           | 1.3699        | 13.07           | 1.0991        | 33.0           | 1.3865        | 18.19           | 1.1435        |
| 23.8           | 1.3703        | 13.18           | 1.1000        | 33.2           | 1.3869        | 18.30           | 1.1445        |
| 24.0           | 1.3706        | 13.29           | 1.1009        | 33.4           | 1.3872        | 18.41           | 1.1454        |
| 24.2           | 1.3709        | 13.40           | 1.1018        | 33.6           | 1.3876        | 18.52           | 1.1464        |
| 24.4           | 1.3713        | 13.51           | 1.1028        | 33.8           | 1.3879        | 18.63           | 1.1474        |
| 24.6           | 1.3716        | 13.62           | 1.1037        | 35.0           | 1.3902        | 19.28           | 1.1533        |
| 24.8           | 1.3720        | 13.73           | 1.1046        | 40.0           | 1.3997        | 21.97           | 1.1785        |
| 25.0           | 1.3723        | 13.84           | 1.1055        | 45.0           | 1.4096        | 24.63           | 1.2047        |
| 25.2           | 1.3726        | 13.95           | 1.1064        | 50.0           | 1.4200        | 27.28           | 1.2317        |
| 25.4           | 1.3730        | 14.06           | 1.1074        | 55.0           | 1.4307        | 28.54           | 1.2451        |
| 25.6           | 1.3733        | 14.17           | 1.1083        | 60.0           | 1.4418        | 32.49           | 1.2887        |
| 25.8           | 1.3737        | 14.28           | 1.1092        | 65.0           | 1.4532        | 35.04           | 1.3187        |
| 26.0           | 1.3740        | 14.39           | 1.1101        | 70.0           | 1.4651        | 37.56           | 1.3496        |
| 26.2           | 1.3744        | 14.49           | 1.1111        | 75.0           | 1.4774        | 40.03           | 1.3814        |
| 26.4           | 1.3747        | 14.60           | 1.1120        | 80.0           | 1.4901        | 42.47           | 1.4142        |
| 26.6           | 1.3751        | 14.71           | 1.1129        | 85.0           | 1.5033        | 44.86           | 1.4479        |
| 26.8           | 1.3754        | 14.82           | 1.1139        |                |               |                 |               |

### 1.5.7 Relación entre lecturas salométricas, peso específico (PE), grados Baumé y concentración de salmueras

| °Salométrico | PE    | °Baumé | % NaCl<br>en peso | Punto de<br>congelación °C |
|--------------|-------|--------|-------------------|----------------------------|
| 0            | 1.000 | 0.0    | 0.000             | -0.00                      |
| 2            | 1.004 | 0.6    | 0.528             | -0.26                      |
| 4            | 1.007 | 1.1    | 1.056             | -0.50                      |
| 6            | 1.011 | 1.6    | 1.584             | -0.83                      |
| 8            | 1.015 | 2.1    | 2.112             | -1.10                      |
| 10           | 1.019 | 2.7    | 2.640             | -1.50                      |
| 12           | 1.023 | 3.3    | 3.167             | -1.77                      |
| 14           | 1.026 | 3.7    | 3.695             | -2.11                      |
| 16           | 1.030 | 4.2    | 4.223             | -2.44                      |
| 18           | 1.034 | 4.8    | 4.751             | -2.77                      |
| 20           | 1.038 | 5.3    | 5.279             | -3.11                      |
| 22           | 1.042 | 5.8    | 5.807             | -3.50                      |
| 24           | 1.046 | 6.4    | 6.335             | -3.83                      |
| 26           | 1.050 | 6.9    | 6.863             | -4.22                      |
| 28           | 1.054 | 7.4    | 7.391             | -4.61                      |
| 30           | 1.058 | 7.9    | 7.919             | -5.0                       |
| 32           | 1.062 | 8.5    | 8.446             | -5.39                      |
| 34           | 1.066 | 9.0    | 8.974             | -5.78                      |
| 36           | 1.070 | 9.5    | 9.502             | -6.17                      |
| 38           | 1.074 | 10.0   | 10.030            | -6.55                      |
| 40           | 1.078 | 10.5   | 10.558            | -7.00                      |
| 42           | 1.082 | 11.0   | 11.086            | -7.39                      |
| 44           | 1.086 | 11.5   | 11.614            | -7.83                      |
| 46           | 1.090 | 12.0   | 12.142            | -8.27                      |
| 48           | 1.094 | 12.5   | 12.670            | -8.78                      |
| 50           | 1.098 | 12.9   | 13.198            | -9.22                      |
| 60           | 1.118 | 15.3   | 15.837            | -11.72                     |
| 70           | 1.139 | 17.7   | 18.477            | -14.6                      |
| 80           | 1.160 | 20.0   | 21.116            | -18.00                     |
| 90           | 1.182 | 22.3   | 23.755            | -18.38                     |
| 100          | 1.204 | 24.6   | 26.395            |                            |

**1.5.8 Representación del porcentaje de sal en función de los grados Twaddell en salmueras**



## 1.6 Unidades de irradiación

Las radiaciones ionizantes que tienen mayor importancia en tecnología de los alimentos son: los rayos  $\beta$  los rayos X y las radiaciones  $\gamma$ . Estas últimas son unas radiaciones electromagnéticas emitidas continuamente por radionúclidos tales como el Cesio-137 y el Cobalto-60.

La unidad SI de irradiación es el Gray (Gy)

|             |               |  |
|-------------|---------------|--|
| 1 Gray (Gy) | = 100 rads    | = 1 julio de energía absorbida por kilogramo de producto irradiado |
| 1 Mrad      | = $10^6$ rads | = $10^4$ Gy  |
| 1 Krad      | = $10^3$ rads | = 10 Gy  |

### 1.6.1 Conservación por irradiación — Dosis de irradiación necesarias

| Objetivo perseguido            | Rango de dosis ( $10^3$ rad) |
|--------------------------------|------------------------------|
| Esterilización                 | 1 000-5 000                  |
| Pasteurización                 | 50-1 000                     |
| Destrucción de insectos        | 5-100                        |
| Evitar el crecimiento de yemas | 5-100                        |

## 1.7 Vitaminas — Unidades internacionales

Informe del subcomité de medición del British National Committee for Nutritional Sciences.

### Sección 14

Descripción genérica de vitaminas y cantidades equivalentes. En los siguientes apartados se indican valores equivalentes de algunos compuestos con actividad vitamínica. Los valores se refieren al hombre y no pueden ser aplicados a otras especies.

|   |   |
|---|---|
| 1 equivalente de 1 $\mu\text{g}$ de retinol | = 1 $\mu\text{g}$ retinol   |
|   | = 1.147 $\mu\text{g}$ de acetato de retinilo (estándar internacional) |
|   | = 6 $\mu\text{g}$ $\beta$ -caroteno                                   |
|   | = 12 $\mu\text{g}$ de otros carotenoides activos                      |
|   | = 3.33 UI de actividad vitamina A                                     |

(1 UI de actividad vitamina A = 0.3  $\mu\text{g}$  de retinol = 0.344  $\mu\text{g}$  de acetato de retinilo)

### Sección 16

Convenio internacional para equivalentes de niacina. Para la niacina el cálculo se ha hecho en términos de equivalentes de nicotinamida, utilizando los siguientes factores:

|                                     |                                 |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| 1 equivalente de un mg nicotinamida | = 1 mg nicotinamida             |
|                                     | = 1 mg de ácido nicotínico      |
|                                     | = 60 mg de L - o DL -triptófano |

### Sección 17

Cantidades (provisionalmente) equivalentes para la actividad vitamina D. El IUNS propone expresar las actividades vitamina D en términos de colecalciferol y sugiere las siguientes equivalencias para los seres humanos:

1 equivalente de 1 ug colecalciferol (hombre) = 1 ug de colecalciferol  
= 1 ug de ergocalciferol  
= 40 UI de actividad de vitamina D

### *Sección 18*

Cantidades provisionalmente equivalentes de vitamina E. El IUNS propone expresar las actividades vitamina E en términos de equivalentes de tocoferol y sugiere los siguientes factores:

1 equivalente de 1 mg de  $\alpha$ -tocoferol = 1 mg D- $\alpha$ -tocoferol  
= 1.1 mg acetato de D- $\alpha$ -tocoferol  
= 1.36 mg acetato de DL - $\alpha$ -tocoferol  
= 1.49 UI de actividad vitamina E

# DATOS DE INGENIERIA

<http://avibert.blogspot.com>

- 2.1 Signos y símbolos utilizados normalmente en ingeniería de alimentos.
- 2.2 Propiedades de los gases.
  - 2.2.1 Propiedades de los gases a la presión atmosférica.
  - 2.2.2 Propiedades de los gases ideales.
  - 2.2.3 Calor específico de los gases kJ/kg K.
  - 2.2.4 Propiedades físicas del nitrógeno.
- 2.3 Calores de combustión.
- 2.4 Poder calorífico de los combustibles modernos.
- 2.5 Propiedades termodinámicas del vapor — Tablas de vapor.
- 2.6 Propiedades físicas y térmicas del «Thermex».
  - 2.6.1 Propiedades termodinámicas del «Thermex».
- 2.7 Propiedades de sólidos utilizados en ingeniería.
  - 2.7.1 Propiedades de metales y no metales.
  - 2.7.2 Propiedades de otros materiales utilizados en ingeniería.
  - 2.7.3 Materiales sólidos a granel, clasificación y codificación.
  - 2.7.4 Velocidades del aire precisas para el transporte fluidizado.
- 2.8 Datos sobre cedazos estándar.
- 2.9 Tamaños estándar de tuberías y datos relativos a las mismas.
- 2.10 Materiales de construcción para uso en las industrias alimentarias.
- 2.11 Propiedades físicas de los fluidos frigorígenos (refrigerantes).
  - 2.11.1 Clasificación de los fluidos frigorígenos (refrigerantes).
  - 2.11.2 Propiedades de las salmueras de cloruro sódico.
  - 2.11.3 Propiedades de las salmueras de cloruro cálcico.
  - 2.11.4 Comportamiento teórico de los halocarburos criogénicos (refrigerantes) funcionando a una temperatura de evaporación de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una temperatura de condensación de  $37,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- 2.12 Datos de transferencia de calor.
  - 2.12.1 Coeficientes previstos de transferencia de calor.
  - 2.12.2 Valores típicos de los factores de incrustación.
  - 2.12.3 Propiedades de algunos líquidos utilizados para el intercambio calórico.
- 2.13 Transferencia de calor en estado no estacionario (transiente) — Diagramas.
- 2.14 Datos de voltaje de un termopar.
- 2.15 Iluminación recomendada para superficies destinadas al tratamiento de los alimentos.
- 2.16 Hidrogenación de aceites comestibles — Necesidades de hidrógeno.
- 2.17 Selección de bombas y compresores.

## 2.1 Signos y símbolos utilizados normalmente en ingeniería de alimentos

| Símbolo        | Propiedad                                | Unidades   |
|----------------|--|------------|
| a              | Aceleración                              | $m/s^2$    |
| A              | Abertura, luz                            | mm         |
| b              | Anchura                                  | -          |
| c              | Calor específico                         | J/kg K     |
| D              | Diámetro                                 | m          |
| D              | Difusividad                              | $m^2/s$    |
| e              | Base de los logaritmos naturales         | -          |
| E              | Energía                                  | J          |
| f              | Coefficiente de fricción                 | J/kg       |
| F              | Tasa o velocidad de alimentación         | kg/s       |
| g              | Aceleración de la gravedad               | $m/s^2$    |
| G              | Energía libre                            | -          |
| h              | Coefficiente de transferencia de calor   | $W/m^2 K$  |
| h              | Entalpía por unidad de peso              | J/kg       |
| H              | Entalpía                                 | J/kg       |
| H              | Humedad                                  | kg/kg      |
| I              | Momento de inercia                       | kg m       |
| j              | Factor de transferencia de calor         | -          |
| J              | Equivalente mecánico del calor           | J/kg       |
| K              | Factor de transferencia de masa          | $kg/m^2 s$ |
| L              | Longitud                                 | m          |
| L              | Velocidad de transferencia de un líquido | kg/s       |
| m              | Masa                                     | kg         |
| m              | Pendiente                                | -          |
| M              | Malla                                    | mm         |
| N              | Velocidad de rotación                    | rpm        |
| N              | Número de platos                         | -          |
| P              | Presión                                  | $N/m^2$    |
| q              | Flujo volumétrico                        | $m^3/s$    |
| Q              | Calor total transferido                  | W          |
| r              | Radio                                    | m          |
| R              | Coefficiente de reducción o de reflujo   | -          |
| S              | Entropía                                 | J/kg       |
| S              | Solubilidad                              | kg/100 kg  |
| T              | Temperatura                              | K          |
| t              | Tiempo                                   | s          |
| u              | Velocidad                                | $m/s$      |
| V              | Volumen                                  | $m^3$      |
| V <sub>s</sub> | Volumen húmedo                           | $m^3/kg$   |
| W              | Flujo másico, velocidad                  | kg/s       |
| W              | Contenido en agua                        | %          |
| W              | Residuos, desechos, posos                | kg         |
| x              | Distancia en la dirección del flujo      | m          |
| X              | Fracción molar (líquidos)                | -          |
| Y              | Fracción molar o másica (vapor)          | -          |
| Z              | Distancia superior al dato               | m          |



| Símbolo    | Letra del<br>alf. gri. | Propiedad                                    | Unidades           |
|------------|------------------------|--|--------------------|
| $\alpha$   | alfa                   | Angulo                                       | grados<br>radiales |
| $\alpha$   | alfa                   | Coefficiente de expansión lineal             | $m/m^2 K$          |
| $\alpha$   | alfa                   | Difusividad térmica                          | $m^2/s$            |
| $\alpha$   | alfa                   | Volatilidad relativa                         | —                  |
| $\beta$    | beta                   | Coefficiente de expansión (volumétrico)      | $m/m^3 K$          |
| $\gamma$   | gamma                  | Coefficiente de actividad, tipo de radiación | —                  |
| $\Delta$   | delta                  | Diferencia finita                            | —                  |
| $\epsilon$ | epsilon                | Emisividad                                   | —                  |
| $\eta$     | eta                    | Rendimiento                                  | —                  |
| $\theta$   | theta                  | Temperatura                                  | K                  |
| $\kappa$   | kappa                  | Cociente de calores específicos              | —                  |
| $\lambda$  | lamda                  | Conductividad térmica                        | $W/m K$            |
| $\mu$      | mu                     | Viscosidad                                   | $kg/m s$           |
| $\rho$     | rho                    | Densidad                                     | $kg/m^3$           |
| $\sigma$   | sigma                  | Tensión superficial                          | —                  |
| $\tau$     | tau                    | Esfuerzo                                     | $N/m^2$            |
| $\varphi$  | phi                    | Función                                      | —                  |
| $\omega$   | omega                  | Angulo sólido                                | grados<br>radianes |
| $\omega$   | omega                  | Velocidad angular                            | rad/s              |
| $\omega$   | omega                  | Expansión lineal                             | $m/m^2 K$          |

*Signos y símbolos matemáticos*

|                  |                         |                         |  |
|------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| $\pm$            | más o menos             | $dx$                    | diferencial de x                       |
| $\sim$           | proporcional a          | $d^2y/dx^2$             | segunda derivada de y con respecto a x |
| $\nlessdot$      | no menor que            |                         |  |
| $\nlessdot$      | no mayor que            | $\int$                  | integral de                            |
| $\approx$        | similar a               | $/$ :                   | dividido por; razón                    |
| $\neq$           | no igual a              | $\sqrt{\quad}$          | raíz cuadrada                          |
| $\infty$         | infinito                | $\sphericalangle$       | ángulo                                 |
| $<$              | menor que               | $f(x)$                  | función de x                           |
| $>$              | mayor que               | $\sum$                  | suma de                                |
| $\approx$        | aproximadamente igual a | $dy/dx$                 | derivada de y con respecto a x         |
| $\equiv$         | equivalente a           |                         |  |
| $\propto$        | varía con               | $\partial y/\partial x$ | derivada parcial de y con respecto a x |
| $\therefore$     | por lo tanto            |                         |  |
| $n \sqrt{\quad}$ | raíz n-sima             | $\int_a^b$              | integral entre los límites a y b       |
| $\perp$          | perpendicular a         |                         |  |
| $\Delta x$       | incremento de x         |                         |  |

## 2.2 Propiedades de los gases

### 2.2.1 Propiedades de los gases a la presión atmosférica

| Gas                | Conductividad<br>térmica<br>W/m °C | Calor<br>específico<br>KJ/kg °C | Densidad<br>kg/m <sup>3</sup> | Temperatura<br>°C |
|--------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Aire               | 0.024                              | 1.005                           | 1.29                          | 0                 |
|                    | 0.031                              | 1.005                           | 0.94                          | 100               |
| Dióxido de carbono | 0.015                              | 0.80                            | 1.98                          | 0                 |
|                    | 0.022                              | 0.92                            | 1.46                          | 100               |
| Nitrógeno          | 0.024                              | 1.05                            | 1.3                           | 0                 |
|                    | 0.031                              | -                               | -                             | 100               |
| Refrigerante 12    | 0.008                              | 0.92                            | -                             | 0                 |
|                    | 0.014                              | -                               | -                             | 100               |

### 2.2.2 Propiedades de los gases ideales

| Gas              | Peso<br>molecular | R<br>kJ/kg K | C <sub>p</sub><br>kJ/kg K | C <sub>v</sub><br>kJ/kg K |
|------------------|-------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| Aire             | 28.97             | 0.287        | 1.0035                    | 0.7665                    |
| Ar               | 39.94             | 0.208        | 0.5203                    | 0.3122                    |
| CO <sub>2</sub>  | 44.01             | 0.189        | 0.8418                    | 0.6529                    |
| CO               | 28.01             | 0.297        | 0.0413                    | 0.7445                    |
| He               | 4.00              | 2.077        | 5.1926                    | 3.1156                    |
| H <sub>2</sub>   | 2.02              | 4.124        | 14.2091                   | 10.0849                   |
| CH <sub>4</sub>  | 16.04             | 0.518        | 2.2537                    | 1.7354                    |
| N <sub>2</sub>   | 28.02             | 0.297        | 1.0416                    | 0.7448                    |
| O <sub>2</sub>   | 32.00             | 0.260        | 0.9216                    | 0.6618                    |
| H <sub>2</sub> O | 18.02             | 0.461        | 1.8723                    | 1.4108                    |

### 2.2.3 Calor específico de los gases kJ/kg K

Calor específico de los gases ( $C_p$ ) a 1 atmósfera de presión (kJ/kg K)

| Temperatura<br>°C | Oxígeno | Nitrógeno | Aire | CO <sub>2</sub> | Vapor de<br>agua |
|-------------------|---------|-----------|------|-----------------|------------------|
| 0                 | 0.92    | 1.05      | 1.01 | 0.87            | 1.87             |
| 100               | 0.94    | 1.07      | 1.03 | 0.93            | 1.91             |
| 200               | 0.98    | 1.09      | 1.07 | 1.01            | 1.93             |
| 300               | 1.00    | 1.10      | 1.08 | 1.09            | 2.01             |
| 400               | 1.05    | 1.11      | 1.09 | 1.17            | 2.05             |
| 500               | 1.07    | 1.13      | 1.10 | 1.26            | 2.14             |

Nota: El calor específico de un gas a presión constante  $C_p$  es mayor que el calor específico a volumen constante, debido al trabajo que se necesita para expandir el gas frente a la presión externa.

### 2.2.4 Propiedades físicas del nitrógeno

|   |                 |
|---|-----------------|
| Peso molecular                                      | 28.02           |
| Volumen específico (20 °C, 1 atm)                   | 860 ml/g        |
| Punto de ebullición (1 atm)                         | -195.8 °C       |
| Punto de fusión (1 atm)                             | -209.9 °C       |
| Densidad (gas, 20 °C, 1 atm)                        | 1.16 g/l        |
| Densidad (líquido, p. ebul.)                        | 0.808 g/ml      |
| Temperatura crítica                                 | -147 °C         |
| Presión crítica                                     | 34 bar(g)       |
| Calor latente de vaporización (a la temp. de ebul.) | 1330 cal/g-mole |
| Solubilidad en agua (20 °C, 1 atm)                  | 1.56 %vol       |
| Peso específico (aire = 1)                          | 0.963           |
| Incoloro  |                 |
| Inodoro   |                 |

### 2.3 Calores de combustión

Los compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno, o carbono, hidrógeno y oxígeno, pueden quemarse en atmósfera de oxígeno rindiendo dióxido de carbono y agua (líquida) como únicos productos. El cambio de calor que acompaña a la combustión completa de un mol de un compuesto, a una temperatura dada y 1 atmósfera de presión, se llama calor de combustión. Los calores de combustión de sólidos y líquidos se miden generalmente a volumen constante en una «bomba calorimétrica».

Se ha propuesto un gran número de métodos para calcular los calores de combustión, a partir del conocimiento de la fórmula de la sustancia. El examen de los calores de combustión de los compuestos orgánicos revela que los isómeros presentan valores muy similares, y que en algunas series homólogas hay un cambio de 150-160 kcal por mol por cada grupo  $\text{CH}_2$ .

| Compuesto           | Fórmula                        | Estado  | Calor de combustión                                  |  |
|---------------------|--------------------------------|---------|--|--|
|                     |                                |         | H <sub>2</sub> O/CO <sub>2</sub><br>liq/gas<br>kJ/kg | H <sub>2</sub> O/CO <sub>2</sub><br>gas/gas<br>kJ/kg |
| Hidrógeno           | H <sub>2</sub>                 | gas     | 141,880.6  | 120,033.8  |
| Carbono             | C                              | sólido  | 32,782.2   | -  |
| Monóxido de carbono | CO                             | gas     | 10,109.9   | -  |
| Metano              | CH <sub>4</sub>                | gas     | 55,538.3   | 50,047.3   |
| Etano               | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>  | gas     | 51,913.0   | 47,518.5   |
| Propano             | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>  | gas     | 50,381.9   | 46,386.4   |
| Propano             | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>  | líquido | 49,560.4   | 45,771.4   |
| <i>n</i> -Butano    | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | gas     | 49,190.3   | 45,401.2   |
| <i>n</i> -Exano     | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> | gas     | 48,711.3   | 45,133.7   |
| <i>n</i> -Exano     | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> | líquido | 47,980.1   | 44,766.1   |

## 2.4 Poder calorífico de los combustibles modernos

| Combustible             | kJ/kg  | Btu/lbm |
|-------------------------|--------|---------|
| Madera                  | 20 470 | 8 800   |
| Turba                   | 20 930 | 9 000   |
| Carbón (lignito)        | 25 590 | 11 000  |
| Carbón (sub-bituminoso) | 29 070 | 12 500  |
| Carbón (bituminoso)     | 34 890 | 15 000  |
| Carbón (antracita)      | 30 240 | 14 000  |
| Metano (gas natural)    | 50 010 | 21 500  |
| Propano                 | 46 350 | 19 930  |
| Octano (gasolina)       | 44 800 | 19 260  |
| Fuel oil (Nº 2)         | 45 520 | 19 570  |

Nota: El gas natural se vende normalmente por unidades de volumen y no por unidades de masa, el valor calorífico de metano es de 33.750 kJ/m<sup>3</sup> o 906 Btu/ft<sup>3</sup> (densidad 0,674 kg/m<sup>3</sup> o 0,042 lbm/ft<sup>3</sup> a 1 atm y 60 °F (15,6 °C)). En las mismas condiciones, el valor calorífico de la gasolina es de 34.870 kJ/l o 125.000 Btu/gal.

El valor calorífico del fuel-oil (Nº 2) es 39.300 kJ/l o 14.100 Btu/gal.

**2.5 Propiedades termodinámicas del vapor --- Tablas de vapor**

| Temperatura<br>°C | Presión<br>kPa | Entalpía<br>(vap sat)<br>kJ/kg | Calor latente<br>kJ/kg | Volumen específico<br>m <sup>3</sup> /kg |
|-------------------|----------------|--------------------------------|------------------------|--|
| 0                 | 0.611          | 2501                           | 2501                   | 206                                      |
| 1                 | 0.66           | 2503                           | 2499                   | 193                                      |
| 2                 | 0.71           | 2505                           | 2497                   | 180                                      |
| 4                 | 0.81           | 2509                           | 2492                   | 157                                      |
| 6                 | 0.93           | 2512                           | 2487                   | 138                                      |
| 8                 | 1.07           | 2516                           | 2483                   | 121                                      |
| 10                | 1.23           | 2520                           | 2478                   | 106                                      |
| 12                | 1.40           | 2523                           | 2473                   | 93.8                                     |
| 14                | 1.60           | 2527                           | 2468                   | 82.8                                     |
| 16                | 1.82           | 2531                           | 2464                   | 73.3                                     |
| 18                | 2.06           | 2534                           | 2459                   | 65.0                                     |
| 20                | 2.34           | 2538                           | 2454                   | 57.8                                     |
| 22                | 2.65           | 2542                           | 2449                   | 51.4                                     |
| 24                | 2.99           | 2545                           | 2445                   | 45.9                                     |
| 26                | 3.36           | 2549                           | 2440                   | 40.0                                     |
| 28                | 3.78           | 2553                           | 2435                   | 36.7                                     |
| 30                | 4.25           | 2556                           | 2431                   | 32.9                                     |
| 40                | 7.38           | 2574                           | 2407                   | 19.5                                     |
| 50                | 12.3           | 2592                           | 2383                   | 12.0                                     |
| 60                | 19.9           | 2610                           | 2359                   | 7.67                                     |
| 70                | 31.2           | 2627                           | 2334                   | 5.04                                     |
| 80                | 47.4           | 2644                           | 2309                   | 3.41                                     |
| 90                | 70.1           | 2660                           | 2283                   | 2.36                                     |
| 100               | 101.35         | 2676                           | 2257                   | 1.673                                    |
| 105               | 120.8          | 2684                           | 2244                   | 1.42                                     |
| 110               | 143.3          | 2692                           | 2230                   | 1.21                                     |
| 115               | 169.1          | 2699                           | 2217                   | 1.04                                     |
| 120               | 198.5          | 2706                           | 2203                   | 0.892                                    |
| 125               | 232.1          | 2714                           | 2189                   | 0.771                                    |
| 130               | 270.1          | 2721                           | 2174                   | 0.669                                    |
| 135               | 313.0          | 2727                           | 2160                   | 0.582                                    |
| 140               | 361.3          | 2734                           | 2145                   | 0.509                                    |
| 150               | 475.8          | 2747                           | 2114                   | 0.393                                    |
| 160               | 617.8          | 2758                           | 2083                   | 0.307                                    |
| 180               | 1002           | 2778                           | 2015                   | 0.194                                    |
| 200               | 1554           | 2793                           | 1941                   | 0.127                                    |

## 2.6 Propiedades físicas y térmicas del «Thermex»

«Thermex» es una marca registrada de un medio de transferencia de calor fabricado por la División Petroquímica de ICI Ltd.

El «Thermex» puede ser utilizado tanto en fase líquida como en fase de vapor, donde tiene la ventaja de una baja presión de vapor frente al vapor de agua a la misma temperatura; se puede usar a temperaturas entre 20 y 400 °C.

El «Thermex» es un producto líquido, poco coloreado, formado por una mezcla eutéctica de óxido de difenilo y difenilo (en la relación 73,5:26,5 % en peso). Solidifica a 12 °C.

### *Propiedades físicas*

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Punto de ebullición a 760 mm Hg                | 275 °C                      |
| Punto de congelación                           | 12 °C                       |
| Temperatura de inflamabilidad (Pensky-Martens) | 116 °C (241 °F)             |
| Punto de ignición                              | 128 °C                      |
| Temperatura de autoignición                    | 640 °C                      |
| Tensión superficial (20 °C)                    | 43 dinas/cm                 |
| Resistividad específica (45 °C)                | $3.4 \times 10^{11}$ ohm-cm |

### *Especificaciones*

|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| Punto de cristalización           | 11.5-12.5 °C |
| Rango de destilación (760 mm Hg)  |              |
| PEI (punto de ebullición inicial) | 250 °C min   |
| PEF (punto de ebullición final)   | 260 °C max   |
| % de agua p/p                     | 0.05 max     |
| Azufre total, ppm                 | 25 max       |
| Cloro total, ppm                  | 5 max        |



## 2.6.1 Propiedades termodinámicas del «Thermex»

| Temp.<br>°C | Temp.<br>°F | Presión<br>de vapor<br>kg/cm <sup>3</sup> | Entalpía<br>del<br>líquido<br>Kcal/kg | Entalpía<br>del<br>vapor<br>Kcal/kg | Calor de<br>vapori-<br>zación<br>kcal/kg | Capacidad<br>calorífica<br>(líquido)<br>cal/g °C | Visco-<br>sidad<br>cp | Densidad<br>líquido<br>g/ml | Densidad<br>de vapor<br>kg/m <sup>3</sup> |
|-------------|-------------|---|---------------------------------------|-------------------------------------|--|--|-----------------------|-----------------------------|---|
| 20          | 68          |   | 3.0                                   | 94.1                                | 91.1                                     | 0.379  | 0.00                  | 1.063                       | 0.000                                     |
| 25          | 77          |   | 4.8                                   | 95.5                                | 90.7                                     | 0.382  |                       | 1.059                       |   |
| 30          | 86          |   | 6.7                                   | 97.0                                | 90.3                                     | 0.385  | 3.30                  | 1.055                       |   |
| 35          | 95          |   | 8.6                                   | 98.5                                | 89.9                                     | 0.389  | 2.92                  | 1.050                       |   |
| 40          | 104         |   | 10.5                                  | 100.0                               | 89.5                                     | 0.392  | 2.60                  | 1.046                       | 0.001                                     |
| 45          | 113         |   | 12.4                                  | 101.6                               | 89.2                                     | 0.395  | 2.34                  | 1.042                       | 0.002                                     |
| 50          | 122         |   | 14.4                                  | 103.2                               | 88.8                                     | 0.399  | 2.12                  | 1.038                       | 0.002                                     |
| 55          | 131         |   | 16.5                                  | 104.9                               | 88.4                                     | 0.402  | 1.94                  | 1.033                       | 0.003                                     |
| 60          | 140         |   | 18.6                                  | 106.6                               | 88.0                                     | 0.406  | 1.77                  | 1.029                       | 0.004                                     |
| 65          | 149         |   | 20.6                                  | 108.2                               | 87.6                                     | 0.409  | 1.62                  | 1.025                       | 0.005                                     |
| 70          | 158         |   | 22.7                                  | 109.9                               | 87.2                                     | 0.413  | 1.48                  | 1.021                       | 0.007                                     |
| 75          | 167         |   | 24.8                                  | 111.6                               | 86.8                                     | 0.416  | 1.37                  | 1.016                       | 0.009                                     |
| 80          | 176         |   | 26.9                                  | 113.3                               | 86.4                                     | 0.419  | 1.27                  | 1.012                       | 0.011                                     |
| 85          | 185         |   | 29.0                                  | 115.0                               | 86.0                                     | 0.423  | 1.18                  | 1.008                       | 0.014                                     |
| 90          | 194         |   | 31.2                                  | 116.8                               | 85.6                                     | 0.426  | 1.11                  | 1.003                       | 0.018                                     |
| 95          | 203         |   | 33.3                                  | 118.5                               | 85.2                                     | 0.429  | 1.04                  | 0.999                       | 0.023                                     |
| 100         | 212         |   | 35.4                                  | 120.2                               | 84.8                                     | 0.433  | 0.97                  | 0.995                       | 0.028                                     |
| 105         | 221         |   | 37.6                                  | 122.0                               | 84.4                                     | 0.436  | 0.92                  | 0.990                       | 0.036                                     |
| 110         | 230         | 0.009                                     | 39.8                                  | 123.8                               | 84.0                                     | 0.439  | 0.87                  | 0.986                       | 0.045                                     |
| 115         | 239         | 0.011                                     | 42.0                                  | 125.7                               | 83.7                                     | 0.443  | 0.82                  | 0.982                       | 0.057                                     |
| 120         | 248         | 0.014                                     | 44.3                                  | 127.6                               | 83.3                                     | 0.446  | 0.78                  | 0.977                       | 0.069                                     |
| 125         | 257         | 0.018                                     | 46.5                                  | 129.4                               | 82.9                                     | 0.450  | 0.74                  | 0.973                       | 0.086                                     |
| 130         | 266         | 0.022                                     | 48.8                                  | 131.3                               | 82.5                                     | 0.453  | 0.70                  | 0.969                       | 0.104                                     |
| 135         | 275         | 0.027                                     | 51.1                                  | 133.2                               | 82.1                                     | 0.457  | 0.67                  | 0.964                       | 0.127                                     |
| 140         | 284         | 0.032                                     | 53.3                                  | 135.0                               | 81.7                                     | 0.460  | 0.63                  | 0.960                       | 0.150                                     |
| 145         | 293         | 0.039                                     | 55.7                                  | 137.0                               | 81.1                                     | 0.0  | 0.60                  | 0.955                       | 0.183                                     |
| 150         | 302         | 0.047                                     | 58.0                                  | 138.8                               | 80.8                                     | 0.467  | 0.57                  | 0.951                       | 0.216                                     |
| 160         | 320         | 0.067                                     | 62.7                                  | 142.7                               | 80.0                                     | 0.473  | 0.52                  | 0.942                       | 0.300                                     |
| 170         | 338         | 0.095                                     | 67.5                                  | 146.8                               | 79.3                                     | 0.480  | 0.48                  | 0.933                       | 0.410                                     |
| 180         | 356         | 0.132                                     | 72.2                                  | 150.6                               | 78.4                                     | 0.487  | 0.45                  | 0.924                       | 0.541                                     |
| 190         | 374         | 0.180                                     | 77.1                                  | 154.7                               | 77.6                                     | 0.494  | 0.42                  | 0.915                       | 0.709                                     |
| 200         | 392         | 0.245                                     | 82.1                                  | 158.8                               | 76.7                                     | 0.501  | 0.39                  | 0.905                       | 0.943                                     |
| 210         | 410         | 0.325                                     | 87.2                                  | 163.0                               | 75.8                                     | 0.507  | 0.36                  | 0.896                       | 1.25                                      |
| 220         | 428         | 0.423                                     | 92.3                                  | 167.2                               | 74.9                                     | 0.514  | 0.34                  | 0.887                       | 1.68                                      |
| 230         | 446         | 0.547                                     | 97.6                                  | 171.6                               | 74.0                                     | 0.521  | 0.31                  | 0.877                       | 2.22                                      |
| 240         | 464         | 0.699                                     | 102.8                                 | 175.8                               | 73.0                                     | 0.528  | 0.29                  | 0.868                       | 2.87                                      |
| 250         | 482         | 0.882                                     | 108.2                                 | 180.2                               | 72.0                                     | 0.534  | 0.27                  | 0.858                       | 3.60                                      |

Datos suministrados por la Marketing Division de ICI.

## 2.7 Propiedades de sólidos utilizados en ingeniería

### 2.7.1 Propiedades de metales y no metales

| Material               | Conductividad<br>térmica<br>W/m °C | Calor<br>específico<br>kJ/kg °C | Densidad<br>kg/m <sup>3</sup> | Temperatura<br>°C |
|------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| 1. <i>Metales</i>      |                                    |                                 |                               |                   |
| Aluminio               | 220                                | 0.87                            | 2640                          | 0                 |
| Latón                  | 97                                 | 0.38                            | 8650                          | 0                 |
| Hierro fundido         | 55                                 | 0.42                            | 7210                          | 0                 |
| Cobre                  | 388                                | 0.38                            | 8900                          | 0                 |
| Acero (templado)       | 45                                 | 0.47                            | 7840                          | 18                |
| Acero (inoxidable)     | 21                                 | 0.48                            | 7950                          | 20                |
| 2. <i>No metales</i>   |                                    |                                 |                               |                   |
| Asbesto (lámina)       | 0.17                               | 0.84                            | 890                           | 51                |
| Ladrillo               | 0.7                                | 0.92                            | 1760                          | 20                |
| Cartón                 | 0.07                               | 1.26                            | 640                           | 20                |
| Hormigón               | 0.87                               | 1.05                            | 2000                          | 20                |
| Celuloide              | 0.21                               | 1.55                            | 1400                          | 30                |
| Algodón en rama        | 0.04                               | 1.26                            | 80                            | 30                |
| Corcho                 | 0.043                              | 1.55                            | 160                           | 30                |
| Goma expandida         | 0.04                               |                                 | 72                            | 0                 |
| Fibra vulcanizada      | 0.052                              |                                 | 240                           | 21                |
| Vidrio, soldado        | 0.52                               | 0.84                            | 2240                          | 20                |
| Hielo                  | 2.25                               | 2.10                            | 920                           | 0                 |
| Lana mineral           | 0.04                               |                                 | 145                           | 30                |
| Polietileno            | 0.55                               | 2.30                            | 950                           | 20                |
| Espuma de poliestireno | 0.036                              |                                 | 24                            | 0                 |
| Espuma de poliuretano  | 0.026                              |                                 | 32                            | 0                 |
| Cloruro de polivinilo  | 0.29                               | 1.30                            | 1400                          | 20                |
| Virutas de madera      | 0.09                               | 2.50                            | 150                           | 0                 |
| Madera                 | 0.28                               | 2.50                            | 700                           | 30                |

## 2.7.2 Propiedades de otros materiales utilizados en ingeniería

| Material                                 | Conductividad<br>térmica<br>W/m °C | Calor<br>específico<br>kJ/kg °C | Densidad<br>kg/m <sup>3</sup> |
|--|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Asbesto, tablero de cemento              | 0.61                               | 0.84                            | 1400                          |
| Asbesto, cartón grueso                   | 0.14                               | 0.84                            | 1000                          |
| Asfalto                                  | -                                  | 1.67                            | 1100                          |
| Cera de abejas                           | -                                  | 3.43                            | 950                           |
| Ladrillo normal                          | 0.73                               | 0.92                            | 1750                          |
| Ladrillo duro                            | 1.30                               | 1.00                            | 2000                          |
| Tiza                                     | 0.83                               | 0.90                            | 2000                          |
| Carbón vegetal, madera                   | 0.09                               | 1.00                            | 400                           |
| Carbón, antracita                        | -                                  | 1.26                            | 1500                          |
| Carbón, bituminoso                       | -                                  | 1.38                            | 1200                          |
| Hormigón, ligero                         | 0.43                               | 0.96                            | 1400                          |
| Hormigón, pesado                         | 1.73                               | 0.75                            | 2200                          |
| Corcho aglomerado                        | 0.04                               | 1.88                            | 200                           |
| Tierra, seca                             | 1.47                               | 1.26                            | 1400                          |
| Tablero de fibra prensada                | 0.21                               | 2.09                            | 1100                          |
| Vidrio de ventana                        | 0.95                               | 0.84                            | 2500                          |
| Yeso, panel                              | 0.17                               | 1.09                            | 800                           |
| Fieltro de pelo                          | 0.05                               | 2.04                            | 100                           |
| Cuero, seco                              | 0.16                               | 1.51                            | 900                           |
| Piedra caliza                            | 0.64                               | 0.91                            | 2500                          |
| Magnesia (85 %)                          | 0.07                               | 0.84                            | 250                           |
| Mármol                                   | 2.60                               | 0.88                            | 2600                          |
| Mica                                     | 0.69                               | 0.50                            | 2700                          |
| Manta de lana mineral                    | 0.043                              | 0.84                            | 100                           |
| Papel                                    | 0.12                               | 1.38                            | 900                           |
| Parafina                                 | 0.26                               | 2.89                            | 900                           |
| Yeso, ligero                             | 0.26                               | 1.00                            | 700                           |
| Plástico, espuma                         | 0.03                               | 1.26                            | 200                           |
| Plástico, sólido                         | 0.19                               | 1.67                            | 1200                          |
| Porcelana                                | 1.6                                | 0.92                            | 2500                          |
| Arenisca                                 | 1.7                                | 0.92                            | 2300                          |
| Serrín                                   | 0.09                               | 0.88                            | 150                           |
| Sílice, aerogel                          | 0.026                              | 0.84                            | 110                           |
| Vermiculita                              | 0.061                              | 0.84                            | 130                           |
| Madera, balsa ( <i>Ochroma bicolor</i> ) | 0.05                               | 2.93                            | 160                           |
| Madera, roble                            | 0.17                               | 2.09                            | 700                           |
| Madera, pino blanco                      | 0.12                               | 2.51                            | 500                           |
| Madera, fieltro                          | 0.07                               | 1.38                            | 300                           |
| Lana suelta                              | 0.03                               | 1.26                            | 100                           |

Adaptado del Handbook of Tables of Applied Engineering Science, CRC Press Inc.

### 2.7.3 Materiales sólidos a granel, clasificación y codificación

La información y los datos contenidos en la siguiente «tabla de materiales» han sido compilados por miembros del CEMA y representan muchos años de experiencia en el diseño y uso de equipos para la manipulación de materiales. La tabla muestra en la primera columna el rango de densidades que puede encontrarse en la manipulación de un determinado material; en la segunda columna figura el número de código del material, que se compone de la densidad promedio, el tamaño, las propiedades de flujo, la abrasividad, y aquellas características que se han llamado «riesgos de transporte».

Así, un material muy fino de 100 mallas con un promedio de densidad aparente de 50 lbs/ft<sup>3</sup> (801 kg/m<sup>3</sup>), que tiene una fluencia media y es moderadamente abrasivo, tendría un código 50A<sub>100</sub>36. Si este material fuera muy pulverulento y moderadamente corrosivo, el número de código sería entonces 50A<sub>100</sub>36LT.

La tabla de materiales comprende datos relativos a diversosos granos, semillas y piensos comúnmente manipulados utilizando cintas transportadoras de distintos tipos. Los datos que se dan y especialmente el factor Fm, se refieren a las condiciones promedio. Así, por ejemplo, el trigo si está seco o contiene menos de un 10 % de agua, es de flujo muy libre y es habitual un factor Fm de 0,4; en cambio, cuando la humedad es más alta se sugiere la utilización de un Fm de 0,5-0,6.

La tabla de materiales es sólo una guía; los datos que contiene no han sido obtenidos por medio de pruebas de laboratorio muy precisas; son fruto de la experiencia de diversos fabricantes de cintas transportadoras.

#### Clave de la tabla de materiales

| Propiedades | Características de los materiales               | Nomenclatura en código  |   |
|-------------|---|---|---|
| Densidad    | Densidad del producto a granel sin apretar      | lbs/ft <sup>3</sup>   |   |
| Tamaño      | Muy fino  | Pasa a través de un cedazo de n° de malla 200 o inferior<br>Pasa a través de un cedazo de n° de malla 100 o inferior<br>Pasa a través de un cedazo de n° de malla 40 o inferior | A <sub>200</sub><br>A <sub>100</sub><br>A <sub>40</sub> |
|             | Fino  | Pasa a través de un cedazo de n° de malla 6 o inferior  | B <sub>6</sub>  |
|             | Granular  | De piezas no mayores de ½"  | C <sub>½</sub>  |
|             |   | De piezas no mayores de 3"  | D <sub>3</sub>  |
|             |   | De piezas no mayores de 7"  | D <sub>7</sub>  |
|             | En terrones o aglomerados                       | Piezas de tamaño no superior a 16"  | D <sub>16</sub>   |
|             |   | Piezas de tamaño superior a 16"; tamaño máximo X a especificar  | D <sub>x</sub>  |
| Irregular   | En tiras, fibroso, cilíndrico, en rodajas, etc. | E   |   |
| Flujo       | Muy libre; función de flujo > 10                | 1   |   |
|             | Libre; función de flujo > 4 y < 10              | 2   |   |
|             | Medio; función de flujo > 2 y < 4               | 3   |   |
|             | Lento; función de flujo < 2                     | 4   |   |

(continúa)

*(continuación)*

| Propiedades                                   | Características de los materiales                        | Nomenclatura en código |
|---|--|------------------------|
| Abrasividad                                   | Poco abrasivo; índice 1-17                               | 5                      |
|   | Moderadamente abrasivo, índice 18-67                     | 6                      |
|   | Muy abrasivos, índice 68-416                             | 7                      |
| Otras propiedades o riesgos                   | Se endurece  | F                      |
|   | Genera electricidad estática                             | G                      |
|   | Se descompone y deteriora durante el almacenamiento      | H                      |
|   | Inflamable   | J                      |
|   | Adquiere características plásticas o tiende a ablandarse | K                      |
|   | Genera mucho polvo                                       | L                      |
|   | Se fluidifica  | M                      |
|   | Explosivo  | N                      |
|   | Es pegajoso, se adhiere                                  | O                      |
|   | Contaminable   | P                      |
|   | Degradable   | Q                      |
|   | Libera gases o humos tóxicos o peligrosos                | R                      |
|   | Muy corrosivo  | S                      |
|   | Poco corrosivo   | T                      |
|   | Higroscópico   | U                      |
|   | Se engancha y enreda o se aglomera                       | V                      |
|   | Contiene aceite  | W                      |
| Disminuye de volumen bajo presión             | X  |                        |
| Muy ligero-puede ser arrastrado por el viento | Y  |                        |
| Temperatura elevada                           | Z  |                        |

Nota: Los materiales en cuyo código figura una x pueden ser transportados mediante sinfines verticales. Para convertir lbs/ft<sup>3</sup> en kg/m<sup>3</sup>, multiplíquese por 16.018.

| Material  | lbs/ft <sup>3</sup> | Código                  | Serie    | Material Factor | V Fm |
|---|---------------------|-------------------------|----------|-----------------|------|
| Acido adípico                                     | 45                  | 45A <sub>100</sub> 35   | 2B       | 0.5             | x    |
| Alfalfa, harina                                   | 14-22               | 18B <sub>8</sub> 45WY   | 2D       | 0.6             | x    |
| Alfalfa, semilla                                  | 10-15               | 13B <sub>6</sub> 15N    | 1A-1B-1C | 0.4             | x    |
| Almendras   | 27-30               | 29C <sub>4</sub> 35Q    | 2D       | 0.9             |      |
| Almendras con cáscara                             | 28-30               | 29C <sub>4</sub> 35Q    | 2D       | 0.9             |      |
| Alumbre, fino                                     | 45-50               | 48B <sub>6</sub> 35U    | 1A-1B-1C | 0.6             |      |
| Alumbre, aglomerado                               | 50-60               | 55B <sub>6</sub> 25     | 2A-2B    | 1.4             |      |
| Alúmina   | 55-65               | 58B <sub>6</sub> 27MY   | 3D       | 1.8             |      |
| Alúmina, finos                                    | 35                  | 35A <sub>100</sub> 27MY | 3D       | 1.6             |      |
| Oxido de aluminio                                 | 60-120              | 90A <sub>100</sub> 17M  | 3D       | 1.8             |      |
| Impulsor para panadería                           | 40-55               | 48A <sub>100</sub> 35   | 1B       | 0.6             | x    |
| Impulsor para panad. sodado                       | 40-55               | 48A <sub>100</sub> 25   | 1B       | 0.6             | x    |
| Cebada finamente triturada                        | 24-38               | 31B <sub>6</sub> 35     | 1A-1B-1C | 0.4             | x    |
| Cebada malteada                                   | 31                  | 31C <sub>4</sub> 35     | 1A-1B-1C | 0.4             | x    |
| Cebada, harina                                    | 28                  | 28C <sub>4</sub> 35     | 1A-1B-1C | 0.4             | x    |
| Cebada entera                                     | 36-48               | 42B <sub>6</sub> 25N    | 1A-1B-1C | 0.5             | x    |
| Sangre desecada                                   | 35-45               | 40D <sub>3</sub> 45U    | 2D       | 2.0             | x    |
| Sangre, harina                                    | 30                  | 30A <sub>100</sub> 35U  | 1A-1B    | 1.0             | x    |
| Salvado, trigo, centeno, arroz                    | 16-20               | 18B <sub>6</sub> 35NY   | 1A-1B-1C | 0.5             |      |
| Pan, miga   | 20-25               | 23B <sub>6</sub> 35PQ   | 1A-1B-1C | 0.6             |      |
| Bagazos de cervecería secos                       | 14-30               | 22C <sub>4</sub> 45     | 1A-1B-1C | 0.5             | x    |
| Bagazos de cervecería húmedos                     | 55-60               | 58C <sub>4</sub> 45T    | 2A-2B    | 0.8             |      |
| Alforfón  | 37-42               | 40B <sub>6</sub> 25N    | 1A-1B-1C | 0.4             | x    |
| Lactato cálcico                                   | 26-29               | 28D <sub>3</sub> 45QTR  | 2A-2B    | 0.6             |      |
| Caseína   | 36                  | 36B <sub>6</sub> 35     | 2D       | 1.6             |      |
| Anacardo  | 32-37               | 35C <sub>4</sub> 45     | 2D       | 0.7             |      |
| Chocolate, cake, prensado                         | 40-45               | 43D <sub>3</sub> 25     | 2B       | 1.5             |      |
| Cacao, granos                                     | 30-45               | 38C <sub>4</sub> 25Q    | 1A-1B    | 0.5             |      |
| Cacao, descascarillado<br>y desprovisto de germen | 35                  | 35C <sub>4</sub> 25     | 2D       | 0.5             |      |
| Cacao en polvo                                    | 30-35               | 33A <sub>100</sub> 45XY | 1B       | 0.9             |      |
| Coco en tiras                                     | 20-22               | 21E45                   | 2B       | 1.5             | x    |
| Café, desechos                                    | 20                  | 20B <sub>6</sub> 25MY   | 1A-1B    | 1.0             | x    |
| Café, grano verde                                 | 25-32               | 29C <sub>4</sub> 25PQ   | 1A-1B    | 0.5             |      |
| Café molido seco                                  | 25                  | 25A <sub>40</sub> 35P   | 1A-1B    | 0.6             | x    |
| Café molido húmedo                                | 35-45               | 40A <sub>40</sub> 45X   | 1A-1B    | 0.6             |      |
| Café tostado                                      | 20-30               | 25C <sub>4</sub> 25PQ   | 1B       | 0.4             | x    |
| Café soluble                                      | 19                  | 19A <sub>40</sub> 35PUY | 1B       | 0.4             | x    |
| Copra, torta molida                               | 40-45               | 43B <sub>6</sub> 45HW   | 1A/B/C   | 0.7             | x    |
| Copra, trozos                                     | 25-30               | 28D <sub>3</sub> 35HW   | 2A/B/C   | 0.8             |      |
| Copra, harina                                     | 40-45               | 42B <sub>6</sub> 35HW   | 2D       | 0.7             | x    |
| Maíz machacado                                    | 40-50               | 45B <sub>6</sub> 25P    | 1A/B/C   | 0.6             |      |
| Maíz, zuro molido                                 | 17                  | 17C <sub>4</sub> 25Y    | 1A/B/C   | 0.6             |      |
| Maíz, zuro entero                                 | 12-15               | 14E35                   | 2A-2B    |                 |      |
| Maíz, mazorca                                     | 56                  | 56E35                   | 2A-2B    |                 |      |
| Maíz, germen                                      | 21                  | 21B <sub>6</sub> 35PY   | 1A/B/C   | 0.4             | x    |
| Maíz, sémola                                      | 40-45               | 43B <sub>6</sub> 35P    | 1A/B/C   | 0.5             | x    |
| Maíz, harina                                      | 32-40               | 36B <sub>6</sub> 35P    | 1A-1B    | 0.5             | x    |
| Maíz, torta                                       | 25                  | 25D <sub>7</sub> 45HW   | 1A-1B    | 0.6             | x    |

(continúa)

(continuación)

| Material                               | lbs/ft <sup>3</sup> | Código                  | Serie    | Material Factor | V Fm |
|--|---------------------|-------------------------|----------|-----------------|------|
| Maíz, grano                            | 45                  | 45C <sub>1</sub> 25PQ   | 1A-1B-1C | 0.4             |      |
| Maíz descascarillado                   | 45                  | 45C <sub>1</sub> 25     | 1A-1B-1C | 0.4             | x    |
| Maíz, azúcar de                        | 30-45               | 33B <sub>6</sub> 35PU   | 1B       | 1.0             | x    |
| Algodón, torta                         | 40-45               | 43C <sub>1</sub> 45HW   | 1A-1B    | 1.0             | x    |
| Algodón, harina                        | 25-30               | 28B <sub>6</sub> 45HW   | 3A-3B    | 0.5             | x    |
| Huevo en polvo                         | 16                  | 16A <sub>40</sub> 35MPY | 1B       | 1.0             |      |
| Pescado, harina                        | 35-40               | 38C <sub>1</sub> 45HP   | 1A-1B-1C | 1.0             | x    |
| Pescado desmenuzado                    | 40-50               | 45D <sub>1</sub> 45H    | 1A-1B-1C | 1.5             |      |
| Trigo, harina                          | 33-40               | 37A <sub>40</sub> 45L P | 1B       | 0.6             |      |
| Tierra de diatomeas seca               | 30-40               | 35A <sub>40</sub> 25    | 2D       | 2.0             |      |
| Tierra de diatom. agotada seca         | 60-65               | 63C <sub>1</sub> 450W   | 3D       | 2.0             |      |
| Gelatina granular                      | 32                  | 32B <sub>6</sub> 35PU   | 1B       | 0.8             |      |
| Gluten, harina                         | 40                  | 40B <sub>6</sub> 35P    | 1B       | 0.6             |      |
| Heno troceado                          | 8-12                | 10C <sub>1</sub> 35JY   | 2A-2B    | 1.6             |      |
| Lúpulo agotado seco                    | 35                  | 35D <sub>3</sub> 35     | 2A-2B-2C | 1.0             | x    |
| Lúpulo agotado húmedo                  | 50-55               | 53D <sub>3</sub> 45V    | 2A-2B    | 1.5             |      |
| Hielo machacado                        | 35-45               | 40D <sub>3</sub> 350    | 2A-2B    | 0.4             |      |
| Hielo en escamas                       | 40-45               | 43C <sub>1</sub> 350    | 1B       | 0.6             | x    |
| Hielo en cubos                         | 33-35               | 34D <sub>3</sub> 350    | 1B       | 0.4             | x    |
| Lactosa                                | 32                  | 32A <sub>40</sub> 35PU  | 1B       | 0.6             |      |
| Malta seca molida                      | 20-30               | 25B <sub>6</sub> 35NP   | 1A-1B-1C | 0.5             | x    |
| Malta, harina                          | 36-40               | 38B <sub>6</sub> 25P    | 1A-1B-1C | 0.4             | x    |
| Malta seca entera                      | 20-30               | 25C <sub>1</sub> 35N    | 1A-1B-1C | 0.5             | x    |
| Malta, brotes                          | 13-15               | 14C <sub>1</sub> 35P    | 1A-1B-1C | 0.4             | x    |
| Carne picada                           | 50-55               | 53E45HQTX               | 2A-2B    | 1.5             |      |
| Carne, recortes                        | 40                  | 40E46H                  | 2D       | 1.5             |      |
| Leche deshidratada en escamas          | 5-6                 | 6B <sub>6</sub> 35PUY   | 1B       | 0.4             |      |
| Leche malteada                         | 27-30               | 29A <sub>40</sub> 45PX  | 1B       | 0.9             |      |
| Leche en polvo                         | 20-45               | 33B <sub>6</sub> 25PM   | 1B       | 0.5             |      |
| Leche, azúcar de                       | 32                  | 32A <sub>100</sub> 35PX | 1B       | 0.6             |      |
| Leche entera en polvo                  | 20-36               | 28B <sub>6</sub> 35PUX  | 1B       | 0.5             |      |
| Molino, limaduras de, (acero)          | 120-125             | 123E46T                 | 3D       | 3.0             |      |
| Mostaza, semillas                      | 45                  | 45B <sub>6</sub> 15N    | 1A-1B-1C | 0.4             | x    |
| Niacina                                | 35                  | 35A <sub>40</sub> 35P   | 2D       | 0.8             |      |
| Avena                                  | 26                  | 26C <sub>1</sub> 25MN   | 1A-1B-1C | 0.4             | x    |
| Avena machacada                        | 22                  | 22B <sub>6</sub> 45NY   | 1A-1B-1C | 0.6             | x    |
| Avena, harina                          | 35                  | 35A <sub>100</sub> 35   | 1A-1B-1C | 0.5             | x    |
| Avena, cascarrilla                     | 8-12                | 10B <sub>6</sub> 35NY   | 1A-1B-1C | 0.5             | x    |
| Avena, copos                           | 19-24               | 22C <sub>1</sub> 35NY   | 1A-1B-1C | 0.6             | x    |
| Oleomargarina                          | 59                  | 59E45HKPWX              | 2A-2B    | 0.4             |      |
| Naranjas, cáscara seca de,             | 15                  | 15E45                   | 2A-2B    | 1.5             |      |
| Cacahuets con cáscara                  | 15-20               | 18D <sub>3</sub> 35Q    | 2A-2B    | 0.6             |      |
| Cacahuets, harina                      | 30                  | 30B <sub>6</sub> 35P    | 1B       | 0.6             | x    |
| Cacahuets crudos                       | 15-20               | 18D <sub>3</sub> 36Q    | 3D       | 0.7             |      |
| Cacahuets descascarillados             | 35-45               | 40C <sub>1</sub> 35Q    | 1B       | 0.4             | x    |
| Guisantes deshidratados                | 45-50               | 48C <sub>1</sub> 15NQ   | 1A-1B-1C | 0.5             | x    |
| Poliestireno, perlas                   | 40                  | 40B <sub>6</sub> 35PQ   | 1B       | 0.4             |      |
| PVC, en polvo                          | 20-30               | 25A <sub>100</sub> 45KT | 2B       | 1.0             |      |
| PVC, en pastillas o tabletas (pellets) | 20-30               | 25E45KPQT               | 1B       | 0.6             |      |

| Material                              | lbs/ft <sup>3</sup> | Código                   | Serie    | Material<br>Factor | V<br>Fm |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------------|----------|--------------------|---------|
| Polietileno, pastillas o tabletas     | 30-35               | 33C <sub>1</sub> 45Q     | 1A-1B    | 0.4                | x       |
| Patata, harina                        | 48                  | 48A <sub>200</sub> 35MNP | 1A-1B    | 0.5                | x       |
| Arroz, salvado                        | 20                  | 20B <sub>6</sub> 35NY    | 1A-1B-1C | 0.4                | x       |
| Arroz, sémola                         | 42-45               | 44B <sub>6</sub> 35P     | 1A-1B-1C | 0.4                | x       |
| Arroz pulido                          | 30                  | 30C <sub>1</sub> 15P     | 1A-1B-1C | 0.4                | x       |
| Arroz descascarillado                 | 45-49               | 47C <sub>1</sub> 25P     | 1A-1B-1C | 0.4                | x       |
| Arroz, cascarilla                     | 20-21               | 21B <sub>6</sub> 35NY    | 1A-1B-1C | 0.4                | x       |
| Arroz sin pulir                       | 32-36               | 34C <sub>1</sub> 35N     | 1A-1B-1C | 0.6                | x       |
| Centeno                               | 42-48               | 45B <sub>6</sub> 15N     | 1A-1B-1C | 0.4                | x       |
| Centeno, salvado                      | 15-20               | 18B <sub>6</sub> 35Y     | 1A-1B-1C | 0.5                | x       |
| Centeno, harina                       | 35-40               | 38B <sub>6</sub> 35      | 1A-1B-1C | 0.5                | x       |
| Cártamo, harina                       | 50                  | 50B <sub>6</sub> 35      | 1A-1B-1C | 0.6                | x       |
| Cártamo, semillas                     | 45                  | 45B <sub>6</sub> 15N     | 1A-1B-1C | 0.4                | x       |
| Sal seca gorda                        | 45-60               | 53C <sub>1</sub> 36TU    | 3D       | 1.0                | x       |
| Sal seca fina                         | 70-80               | 75B <sub>6</sub> 36TU    | 3D       | 1.7                | x       |
| Sésamo, semilla                       | 27-41               | 34B <sub>6</sub> 26      | 2D       | 0.6                | x       |
| Soda, cenizas pesadas                 | 55-65               | 60B <sub>6</sub> 36      | 2D       | 1.0                |         |
| Soda, cenizas ligeras                 | 20-35               | 28A <sub>40</sub> 36Y    | 2D       | 0.8                | x       |
| Nitrato sódico                        | 70-80               | 75D <sub>3</sub> 25NS    | 2A-2B    | 1.2                |         |
| Soja, torta                           | 40-43               | 42D <sub>3</sub> 35W     | 2A-1B-1C | 1.0                | x       |
| Soja, harina                          | 27-30               | 29A <sub>40</sub> 35MN   | 1A-1B-1C | 0.8                | x       |
| Soja molida, caliente                 | 40                  | 40B <sub>6</sub> 35T     | 2A-2B    | 0.5                |         |
| Almidón                               | 25-50               | 38A <sub>40</sub> 15M    | 1A-1B-1C | 1.0                | x       |
| Remolacha azucarera,<br>pulpa seca    | 12-15               | 14C <sub>1</sub> 26      | 2D       | 0.9                |         |
| Remolacha azucarera,<br>pulpa húmeda  | 25-45               | 35C <sub>1</sub> 35X     | 1A-1B-1C | 1.2                |         |
| Azúcar refinado, granulado,<br>seco   | 50-55               | 53B <sub>6</sub> 35PU    | 1B       | 1.0-1.2            | x       |
| Azúcar refinado, granulado,<br>húmedo | 55-65               | 60C <sub>1</sub> 35X     | 1B       | 1.4-2.0            |         |
| Azúcar en polvo                       | 50-60               | 55A <sub>100</sub> 35PX  | 1B       | 0.8                | x       |
| Azúcar sin refinar                    | 55-65               | 60B <sub>6</sub> 35PX    | 1B       | 1.5                |         |
| Girasol, semillas                     | 19-38               | 29C <sub>1</sub> 15      | 1A-1B-1C | 0.5                | x       |
| Fosfato tricálcico                    | 40-50               | 45A <sub>40</sub> 45     | 1A-1B    | 1.6                |         |
| Fosfato trisódico, granular           | 60                  | 60B <sub>6</sub> 36      | 2D       | 1.7                |         |
| Fosfato trisódico pulverizado         | 50                  | 50A <sub>40</sub> 36     | 2D       | 1.6                | x       |
| Nueces, cáscaras                      | 35-45               | 40B <sub>6</sub> 36      | 2D       | 1.0                | x       |
| Trigo                                 | 45-48               | 47 <sub>1</sub> 25N      | 1A-1B-1C | 0.4                | x       |
| Trigo machacado                       | 40-45               | 43B <sub>6</sub> 25N     | 1A-1B-1C | 0.4                | x       |
| Trigo, germen                         | 18-28               | 23B <sub>6</sub> 25      | 1A-1B-1C | 0.4                | x       |



### 2.7.4 Velocidades del aire precisas para el transporte fluidizado

| Densidad a granel<br>kg/m <sup>3</sup> | Velocidad del aire<br>m/s | Densidad a granel<br>kg/m <sup>3</sup> | Velocidad del aire<br>m/s |
|--|---------------------------|--|---------------------------|
| 160                                    | 14.7                      | 1120                                   | 39.1                      |
| 240                                    | 18.2                      | 1200                                   | 40.6                      |
| 320                                    | 20.9                      | 1280                                   | 41.9                      |
| 400                                    | 23.4                      | 1360                                   | 43.2                      |
| 480                                    | 25.7                      | 1440                                   | 44.2                      |
| 560                                    | 27.9                      | 1520                                   | 45.7                      |
| 640                                    | 29.7                      | 1600                                   | 46.7                      |
| 720                                    | 31.4                      | 1680                                   | 48.0                      |
| 800                                    | 33.0                      | 1760                                   | 49.3                      |
| 880                                    | 34.5                      | 1840                                   | 52.0                      |
| 960                                    | 36.3                      | 1920                                   | 53.3                      |
| 1040                                   | 37.8                      |  |                           |

### 2.8 Datos sobre cedazos estándar

Se consignan a continuación algunos datos relativos a los cedazos o tamices de uso más frecuente. Los estándares británico y norteamericano difieren muy poco.

| Nº de malla | Apertura<br>( $\mu$ ) | Area abierta<br>% | Diámetro<br>del hilo mm | Tela de nylon<br>equivalente n.º |
|-------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 20          | 860                   | 46.2              | 0.016                   | 860                              |
| 30          | 505                   | 35.3              | 0.0135                  | 505                              |
| 40          | 390                   | 36.0              | 0.010                   | 390                              |
| 60          | 223                   | 27.2              | 0.008                   | 223                              |
| 80          | 183                   | 31.4              | 0.0055                  | 183                              |
| 100         | 130                   | 30.3              | 0.0045                  | 130                              |
| 120         | 116                   | 30.7              | 0.0037                  | 116                              |
| 150         | 102                   | 37.4              | 0.0026                  | 102                              |
| 180         | 86                    | 34.7              | 0.0023                  | 86                               |
| 200         | 73                    | 33.6              | 0.0021                  | 73                               |
| 250         | 64                    | 36.0              | 0.0016                  | 64                               |
| 325         | 44                    | 30.0              | 0.0014                  | 44                               |

## 2.9 Tamaños estándar de tuberías y datos relativos a las mismas

Se utilizan tubos de diámetros entre 16 y 50 mm. Las características mecánicas del diseño, al igual que otros datos relativos a las mismas, figuran en el British Standard, Bs 3274. Universalmente se emplean también los estándares de la American Tubular Heat Exchanger Manufacturers Association, estándares TEMA.

### *Dimensiones estándar para tubos de acero*

| Diámetro externo mm | Grosor de pared mm |     |     |     |     |
|---------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|
|                     | 1.2                | 1.6 | 2.0 | 2.6 | 3.2 |
| 16                  | 1.2                | 1.6 | 2.0 | -   | -   |
| 20                  | -                  | 1.6 | 2.0 | 2.6 | -   |
| 25                  | -                  | 1.6 | 2.0 | 2.6 | 3.2 |
| 30                  | -                  | 1.6 | 2.0 | 2.6 | 3.2 |
| 38                  | -                  | -   | 2.0 | 2.6 | 3.2 |
| 50                  | -                  | -   | 2.0 | 2.6 | 3.2 |

**2.10 Materiales de construcción para uso en las industrias alimentarias***Composición de algunos tipos de acero inoxidable*

| Composición | Tipo        |       |           |       |       |         |
|-------------|-------------|-------|-----------|-------|-------|---------|
|             | 302         | 304   | 316       | 430   | 440C  | 502     |
| Carbono     | 0.08-0.20   | 0.08  | 0.10      | 0.12  | 0.95  | 0.10    |
| Manganeso   | 2.00        | 2.00  | 2.00      | 1.00  | 1.00  | 1.00    |
| Fósforo     | 0.04        | 0.04  | 0.04      | 0.04  | 0.04  | 0.04    |
| Azufre      | 0.03        | 0.03  | 0.03      | 0.03  | 0.03  | 0.03    |
| Sílice      | 1.00        | 1.00  | 1.00      | 1.00  | 1.00  | 1.00    |
| Níquel      | 8.00-10.00  | 8-10  | 10-14     | 0.00  | 0.00  | 0.00    |
| Cromo       | 17.00-19.00 | 18-20 | 16-18     | 14-18 | 16-18 | 4.0-6.0 |
| Molibdeno   | 0.00        | 0.00  | 2.00-3.00 | 0.00  | 0.75  | 0.00    |

*Grados o calidades de los aceros austeníticos*

| BS 1501 | AISI    | C max | Si max | Mn max | Cr rango  | Ni rango | Mo     | Ti  |
|---------|---------|-------|--------|--------|-----------|----------|--------|-----|
| 801B    | 304     | 0.08  | -      | 2.00   | 17.5-20   | 8.0-11   | -      | -   |
| 810C    | 304 ELC | 0.03  | 1.00   | 2.00   | 17.5-20   | 10 min   | -      | -   |
| 801 Ti  | 321     | 0.12  | 1.00   | 2.00   | 17-20     | 7.5min   | -      | 4xC |
| 801 Nb  | 347     | 0.08  | 1.00   | 2.00   | 17-20     | 9 min    | -      | -   |
| 821 Ti  | -       | 0.12  | 1.00   | 2.00   | 17-20     | 25min    | -      | 4xC |
| 845 B   | 316     | 0.08  | 1.00   | 2.00   | 16.5-18.5 | 10min    | 2.25-3 | 4xC |
| 845 Ti  | -       | 0.08  | 0.06   | 2.00   | 16.5-18.5 | 10min    | 2.25-3 | 4xC |
| 846     | -       | 0.08  | 1.00   | 2.00   | 18-20     | 11-14    | 3-4    | -   |

Nota: Riqueza en Nb del grado 801 Nb:  $10 \times C$ ; S y P 0,0045 % en todos los grados AISI American Iron & Steel Institute.

Origen de los datos: Chemical Engineering, Coulsen & Richardson, Vol 6.

*Propiedades mecánicas de los aceros inoxidable austeníticos*

Los aceros inoxidable austeníticos tienen mayor resistencia que los aceros ordinarios, en especial a temperaturas elevadas. Los aceros inoxidable austeníticos no devienen, como los aceros ordinarios, quebradizos a bajas temperaturas y una vez templados no son magnéticos.

|  | 300°C | 400°C | 500°C | 600°C |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Esfuerzo máximo típicamente previsto N/mm <sup>2</sup> |       |       |       |       |
| Acero templado   | 77    | 62    | 31    | -     |
| Acero inoxidable 18/8                                  | 108   | 100   | 92    | 62    |

*Resistencia de los aceros inoxidable a la corrosión*

Cuanto mayor sea su riqueza en aleación, mayor es su resistencia a la corrosión, dentro de un amplio rango de condiciones que abarca de las extremadamente oxidantes a las reductoras, pero mayor resulta también su costo. A continuación se citan, en orden de resistencia a la corrosión, algunos tipos y se dan sus resistencias tomando como unidad la del 304.

|     |      |     |      |      |     |
|-----|------|-----|------|------|-----|
| 304 | 304L | 321 | 316  | 316L | 310 |
| 1.0 | 1.1  | 1.1 | 1.25 | 1.3  | 1.6 |

Los problemas que plantea el uso de aceros inoxidable son la corrosión intergranular o intercrystalina y la fisuración por tensocorrosión. En general, se usan aceros inoxidable para conseguir una mayor resistencia a la corrosión bajo condiciones oxidantes.

Origen de los datos Chemical Engineering, Vol 6, Design, J. M. Coulson, J. F. Richardson y R. K. Sinnott. Pergamon Press Oxford, England.

## 2.11 Propiedades físicas de los fluidos frigorígenos (refrigerantes)

En esta sección se consignan las propiedades físicas de los fluidos frigorígenos (refrigerantes) utilizados por la industria alimentaria; figuran en ella el número, el nombre químico, la fórmula, el peso molecular y el punto de ebullición.

### 2.11.1 Clasificación de los fluidos frigorígenos (refrigerantes)

| Nº                        | Nombre químico             | Fórmula                             | Peso molecular | Punto de ebullición °C |
|---------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------|------------------------|
| Compuestos halocarbonados |                            |                                     |                |                        |
| 10                        | Tetracloruro de carbono    | $\text{CCl}_4$                      | 153.8          | 170.2                  |
| 11                        | Tricloromonofluorometano   | $\text{CCl}_3\text{F}$              | 137.4          | 74.8                   |
| 12                        | Diclorodifluorometano      | $\text{CCl}_2\text{F}_2$            | 120.9          | -21.6                  |
| 13                        | Monoclorotrifluorometano   | $\text{CClF}_3$                     | 104.5          | -114.6                 |
| 13B1                      | Monobromotrifluorometano   | $\text{CBrF}_3$                     | 148.9          | -72.0                  |
| 14                        | Tetrafluoruro de carbono   | $\text{CF}_4$                       | 88.0           | -198.4                 |
| 20                        | Cloroformo                 | $\text{CHCl}_3$                     | 119.4          | 142                    |
| 21                        | Dicloromonofluorometano    | $\text{CHCl}_2\text{F}$             | 102.9          | 48.1                   |
| 22                        | Monoclorodifluorometano    | $\text{CHClF}_2$                    | 86.5           | -41.4                  |
| 23                        | Trifluorometano            | $\text{CHF}_3$                      | 70.0           | -119.9                 |
| 30                        | Cloruro de metileno        | $\text{CH}_2\text{Cl}_2$            | 84.9           | 105.2                  |
| 31                        | Monocloromonofluorometano  | $\text{CH}_2\text{ClF}$             | 68.5           | 48.0                   |
| 32                        | Fluoruro de metileno       | $\text{CH}_2\text{F}_2$             | 52.0           | -61.4                  |
| 40                        | Cloruro de metilo          | $\text{CH}_3\text{Cl}$              | 50.5           | -10.8                  |
| 41                        | Fluoruro de metilo         | $\text{CH}_3\text{F}$               | 34.0           | -109                   |
| 50                        | Metano †                   | $\text{CH}_4$                       | 16.0           | -259                   |
| 110                       | Hexacloroetano             | $\text{CCl}_3\text{CCl}_3$          | 236.8          | 365                    |
| 111                       | Pentacloromonofluorometano | $\text{CCl}_3\text{CCl}_2\text{F}$  | 220.3          | 279                    |
| 112                       | Tetraclorodifluoroetano    | $\text{CCl}_2\text{FCCl}_2\text{F}$ | 203.8          | 199.0                  |
| 112a                      | Tetraclorodifluoroetano    | $\text{CCl}_3\text{CClF}_2$         | 203.8          | 195.8                  |
| 113                       | Triclorotrifluoroetano     | $\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$        | 187.4          | 117.6                  |
| 113a                      | Triclorotrifluoroetano     | $\text{CCl}_3\text{CF}_3$           | 187.4          | 114.2                  |
| 114                       | Diclorotetrafluoroetano    | $\text{CClF}_2\text{CClF}_2$        | 170.9          | 38.4                   |
| 114a                      | Diclorotetrafluoroetano    | $\text{CCl}_2\text{FCF}_3$          | 170.9          | 38.5                   |
| 114B2                     | Dibromotetrafluoroetano    | $\text{CBrF}_2\text{CBrF}_2$        | 259.9          | 117.5                  |
| 115                       | Monocloropentafluoroetano  | $\text{CClF}_2\text{CF}_3$          | 154.5          | -37.7                  |
| 116                       | Hexafluoroetano            | $\text{CF}_3\text{CF}_3$            | 138            | -108.8                 |
| 120                       | Pentacloroetano            | $\text{CHCl}_2\text{CCl}_3$         | 202.3          | 324                    |
| 123                       | Diclorotrifluoroetano      | $\text{CHCl}_2\text{CF}_3$          | 153            | 83.7                   |
| 124                       | Monoclorotetrafluoroetano  | $\text{CHClFCF}_3$                  | 136.5          | 10.4                   |

| Nº                            | Nombre químico                  | Fórmula  | Peso molecular | Punto de ebullición °C |
|-------------------------------|---------------------------------|--|----------------|------------------------|
| 124a                          | Monoclorotetrafluoroetano       | $\text{CHF}_2\text{CClF}_2$                      | 136.5          | 14                     |
| 125                           | Pentafluoroetano                | $\text{CHF}_2\text{CF}_3$                        | 120            | -55                    |
| 133a                          | Monoclorotrifluoroetano         | $\text{CH}_2\text{ClCF}_3$                       | 118.5          | 43                     |
| 140a                          | Tricloroetano                   | $\text{CH}_3\text{CCl}_3$                        | 133.4          | 165                    |
| 142b                          | Monoclorodifluoroetano          | $\text{CH}_3\text{CClF}_2$                       | 100.5          | 12.2                   |
| 143a                          | Trifluoroetano                  | $\text{CH}_3\text{CF}_3$                         | 84             | -53.5                  |
| 150a                          | Dicloroetano                    | $\text{CH}_3\text{CHCl}_2$                       | 98.9           | 140                    |
| 152a                          | Difluoroetano                   | $\text{CH}_3\text{CHF}_2$                        | 66             | -12.4                  |
| 160                           | Cloruro de etilo                | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$                | 64.5           | 54                     |
| 170                           | Etano †                         | $\text{CH}_3\text{CH}_3$                         | 30             | -127.5                 |
| 218                           | Octofluoropropano               | $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}_3$              | 188            | -36.4                  |
| 290                           | Propano                         | $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$              | 44             | -44.2                  |
| Compuestos orgánicos cíclicos |                                 |  |                |                        |
| C316                          | Diclorohexafluorociclobutano    | $\text{C}_4\text{Cl}_2\text{F}_6$                | 233            | 140                    |
| C317                          | Monocloroheptafluorociclobutano | $\text{C}_4\text{ClF}_7$                         | 216.5          | 77                     |
| C318                          | Octafluorociclobutano           | $\text{C}_4\text{F}_8$                           | 200            | 21.1                   |
| Azeotropos                    |                                 |  |                |                        |
| 500                           | Refrigerante 12/152a            | $\text{CCl}_2\text{F}_2/\text{CH}_3\text{CHF}_2$ | 99.29          | -28                    |
| 501                           | Refrigerante 22/12              | $\text{CHClF}_2/\text{CCl}_2\text{F}_2$          | 93.1           | -42                    |
| 502                           | Refrigerante 23/15              | $\text{CHClF}_2/\text{CClF}_2\text{CF}_3$        | 112            | -50.1                  |
| 503                           | Refrigerante 23/13              | $\text{CHF}_3/\text{CClF}_3$                     | 87.5           | -126.1                 |
| 504                           | Refrigerante 32/115             | $\text{CH}_2\text{F}_2/\text{CCl}_2\text{CF}_3$  | 79.9           | -71                    |
| Miscelánea de hidrocarburos   |                                 |  |                |                        |
| 600                           | Butano                          | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$   | 58.1           | 31.3                   |
| 601                           | Isobutano                       | $\text{CH}(\text{CH}_3)_3$                       | 58.1           | 14                     |
| 1150                          | Etileno †                       | $\text{CH}_2=\text{CH}_2$                        | 28             | -155                   |
| 1270                          | Propileno †                     | $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$               | 42.1           | -53.7                  |
| Compuestos oxigenados         |                                 |  |                |                        |
| 610                           | Eter etílico                    | $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$      | 74.1           | 94.3                   |
| 611                           | Formato de metilo               | $\text{HCOOCH}_3$                                | 60             | 89.2                   |

† El metano y el etano aparecen bajo la sección halocarburos pese a ser hidrocarburos, por lo que deberían aparecer en la misma sección que el etileno y el propileno.

(continúa)

*(continuación)*

| Nº                               | Nombre químico            | Fórmula                           | Peso molecular | Punto de ebullición °C |
|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------|------------------------|
| Compuestos nitrogenados          |                           |                                   |                |                        |
| 630                              | Metilamina                | $\text{CH}_3\text{NH}_2$          | 31.1           | 20.3                   |
| 631                              | Etilamina                 | $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ | 45.1           | 61.8                   |
| Compuestos inorgánicos           |                           |                                   |                |                        |
| 717                              | Amoníaco                  | $\text{NH}_3$                     | 17             | -28                    |
| 718                              | Agua                      | $\text{H}_2\text{O}$              | 18             | 212                    |
| 729                              | Aire                      |                                   | 29             | -318                   |
| 744                              | Dióxido de carbono        | $\text{CO}_2$                     | 44             | -109                   |
| 744A                             | Oxido nitroso             | $\text{N}_2\text{O}$              | 44             | -127                   |
| 764                              | Dióxido de azufre         | $\text{SO}_2$                     | 64             | 14                     |
| Compuestos orgánicos insaturados |                           |                                   |                |                        |
| 1112a                            | Diclorodifluoroetileno    | $\text{CCl}=\text{CF}_2$          | 133            | 67                     |
| 1113                             | Monoclorotrifluoroetileno | $\text{CClF}=\text{CF}_2$         | 116.5          | -18.2                  |
| 1114                             | Tetrafluoroetileno        | $\text{CF}_2=\text{CF}_2$         | 100            | -105                   |
| 1120                             | Tricloroetileno           | $\text{CHCl}=\text{CCl}_2$        | 131.4          | 187                    |
| 1130                             | Dicloroetileno            | $\text{CHCl}=\text{CHCl}$         | 96.9           | 118                    |
| 1132a                            | Fluoruro de vinilideno    | $\text{CH}_2=\text{CF}_2$         | 64             | -119                   |
| 1140                             | Cloruro de vinilo         | $\text{CH}_2=\text{CHCl}$         | 62.5           | 7                      |
| 1141                             | Fluoruro de vinilo        | $\text{CH}_2=\text{CHF}$          | 46             | -98                    |

### 2.11.2 Propiedades de las salmueras de cloruro sódico

| Peso específico 4 °C | Grados Baumé a 15,6 °C (60 °F) | Grados salométricos a 15,6 °C (60 °F) | kg de sal por m <sup>3</sup> | % de sal (en peso) | Punto de congelación |      | Calor específico kJ/kg °C |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------|----------------------|------|---------------------------|
|                      |                                |                                       |                              |                    | °C                   | °F   |                           |
| 1.007                | 1                              | 4                                     | 10.06                        | 1                  | 0                    | 31.8 | 4.153                     |
| 1.015                | 2                              | 8                                     | 20.25                        | 2                  | -1.7                 | 29.3 | 4.119                     |
| 1.023                | 3                              | 12                                    | 30.66                        | 3                  | -2                   | 27.8 | 4.086                     |
| 1.030                | 4                              | 16                                    | 41.21                        | 4                  | -3                   | 26.6 | 4.052                     |
| 1.037                | 5                              | 20                                    | 51.86                        | 5                  | -4                   | 25.2 | 4.019                     |
| 1.045                | 6                              | 24                                    | 62.66                        | 6                  | -4                   | 23.9 | 3.960                     |
| 1.053                | 7                              | 28                                    | 73.92                        | 7                  | -5                   | 22.5 | 3.901                     |
| 1.061                | 8                              | 32                                    | 84.82                        | 8                  | -6                   | 21.2 | 3.847                     |
| 1.068                | 9                              | 36                                    | 96.08                        | 9                  | -7                   | 19.9 | 3.788                     |
| 1.076                | 10                             | 40                                    | 107.46                       | 10                 | -7                   | 18.7 | 3.734                     |
| 1.091                | 12                             | 48                                    | 138.03                       | 12                 | -9                   | 16.0 | 3.659                     |
| 1.115                | 15                             | 60                                    | 166.41                       | 15                 | -11                  | 12.2 | 3.579                     |
| 1.155                | 20                             | 80                                    | 230.99                       | 20                 | -14                  | 6.1  | 3.470                     |
| 1.187                | 24                             | 96                                    | 284.67                       | 24                 | -17                  | 1.2  | 3.328                     |
| 1.196                | 25                             | 100                                   | 298.11                       | 25                 | -18                  | 0.5  | 3.278                     |
| 1.204                | 26                             | 104                                   | 312.72                       | 26                 | -17                  | 1.1  | 3.227                     |



**2.11.3 Propiedades de las salmueras de cloruro cálcico**

| Grados Baumé a 15,6 °C | Grados salométricos a 15,6 °C | Peso específico a 15,6 °C | % de Cl <sub>2</sub> Ca (en peso) | Punto de congelación |       | Calor específico kJ/kg °C |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------|---------------------------|
|                        |                               |                           |                                   | °C                   | °F    |                           |
| 0                      | 0                             | 1.000                     | 0                                 | 0                    | 32    | 4.1868                    |
| 1                      | 4                             | 1.007                     | 1                                 | -0.6                 | 31.1  | 4.145                     |
| 2.1                    | 8                             | 1.015                     | 2                                 | -1                   | 30.4  | 4.061                     |
| 3.4                    | 12                            | 1.024                     | 3                                 | -1                   | 29.5  | 4.019                     |
| 4.5                    | 16                            | 1.032                     | 4                                 | -2                   | 28.6  | 3.936                     |
| 5.7                    | 22                            | 1.041                     | 5                                 | -2                   | 27.7  | 3.894                     |
| 6.8                    | 26                            | 1.049                     | 6                                 | -3                   | 26.6  | 3.810                     |
| 8                      | 32                            | 1.058                     | 7                                 | -4                   | 25.5  | 3.768                     |
| 9.1                    | 36                            | 1.067                     | 8                                 | -4                   | 24.3  | 3.684                     |
| 10.2                   | 40                            | 1.076                     | 9                                 | -5                   | 22.8  | 3.643                     |
| 11.4                   | 44                            | 1.085                     | 10                                | -6                   | 21.3  | 3.601                     |
| 12.5                   | 48                            | 1.094                     | 11                                | -7                   | 19.7  | 3.517                     |
| 13.5                   | 52                            | 1.103                     | 12                                | -8                   | 18.1  | 3.475                     |
| 14.6                   | 58                            | 1.112                     | 13                                | -9                   | 16.3  | 3.433                     |
| 15.6                   | 62                            | 1.121                     | 14                                | -10                  | 14.3  | 3.412                     |
| 16.8                   | 68                            | 1.131                     | 15                                | -11                  | 12.2  | 3.329                     |
| 17.8                   | 72                            | 1.140                     | 16                                | -12                  | 10    | 3.266                     |
| 19                     | 76                            | 1.151                     | 17                                | -13                  | 7.5   | 3.224                     |
| 20                     | 80                            | 1.160                     | 18                                | -15                  | 4.6   | 3.161                     |
| 21                     | 84                            | 1.160                     | 19                                | -17                  | 1.7   | 3.098                     |
| 22                     | 88                            | 1.179                     | 20                                | -18                  | 1.4   | 3.056                     |
| 23                     | 92                            | 1.188                     | 21                                | -21                  | -4.9  | 3.014                     |
| 24                     | 96                            | 1.198                     | 22                                | -23                  | -8.6  | 2.973                     |
| 25                     | 100                           | 1.208                     | 23                                | -24                  | -11.6 | 2.931                     |
| 26                     | 104                           | 1.218                     | 24                                | -27                  | -17.1 | 2.889                     |
| 27                     | 108                           | 1.229                     | 25                                | -30                  | -21.8 | 2.868                     |
| 28                     | 112                           | 1.239                     | 26                                | -33                  | -27   | 2.847                     |
| 29                     | 116                           | 1.250                     | 27                                | -36                  | -32.6 | 2.805                     |
| 30                     | 120                           | 1.261                     | 28                                | -39                  | -39.2 | 2.784                     |
| 31                     | 124                           | 1.272                     | 29                                | -43                  | -46.2 | 2.763                     |
| 32                     | 128                           | 1.283                     | 30                                | -48                  | -54.4 | 2.721                     |

**2.11.4 Comportamiento teórico de los halocarburos criogénicos (refrigerantes) funcionando a una temperatura de evaporación de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una temperatura de condensación de  $37,7\text{ }^{\circ}\text{C}$**

| Propiedad   | R11    | R-12   | R-13B1 | R-21   |
|---|--------|--------|--------|--------|
| Temperatura de sobrecalentamiento $^{\circ}\text{C}$        | 18.3   | 18.3   | 18.3   | 18.3   |
| Presión en el evaporador, absoluta, bares                   | 0.48   | 3.56   | 9.55   | 0.85   |
| Presión en el condensador, absoluta, bares                  | 1.62   | 9.08   | 21.72  | 2.76   |
| Relación de compresión                                      | 3.34   | 2.55   | 2.27   | 3.25   |
| Eficacia refrigerante neta kJ/kg                            | 165.83 | 125.91 | 70.80  | 216.78 |
| Refrigerante circulado kg/min                               | 1.269  | 1.671  | 2.969  | 9.706  |
| Volumen específico del vapor $\text{m}^3/\text{kg}$         | 0.357  | 0.0516 | 0.0145 | 0.296  |
| Volumen desplazado por el compresor $\text{m}^3/\text{min}$ | 0.459  | 0.086  | 0.043  | 0.288  |
| Temperatura de descarga $^{\circ}\text{C}$                  | 59.5   | 56.1   | 58.6   | 75     |

## 2.12 Datos de transferencia de calor

### 2.12.1 Coeficientes previstos de transferencia de calor

| Proceso y condiciones del mismo  | Coeficiente de transferencia de calor $W/m^2 K$ |
|--|---|
| Aire, circulación natural o quieto   |   |
| Aire, congelación  | 5-10  |
| Aire, congelación relámpago  | 17-30   |
| Congelador de placas   | 50-150  |
| Congelación por inmersión en líquidos  | 550   |
| Salmuera, circulante   | 55-85   |
| Nitrógeno líquido, congelación   | 150-500   |
| Aire o vapor sobrecalentados   | 25-300  |
| Accite, circulación forzada  | 55-1500   |
| Agua, convección forzada   | 280-1200  |
| Agua hirviendo   | $1.7-57 \times 10^3$                            |
| Vapor, condensación por goteo  | $28.4-114 \times 10^3$                          |
| Vapor condensación en película   | $5.7-17 \times 10^3$                            |
| Refrigeración por contacto a través de una superficie metálica (de leche a agua) | $1.1-2.3 \times 10^3$                           |
| Pasterizador de circulación por gravedad   | 990   |
| Caldera abierta provista de camisa, con agitador                                 | 850   |
| Caldera provista de camisa (en proceso de evaporación)                           | $1.7 \times 10^3$                               |
| Caldera a vacío (en proceso de evaporación)                                      | $2.8 \times 10^3$                               |
| Pasteurizador relámpago  | $2.8 \times 10^3$                               |
|  | $3.4 \times 10^3$                               |

**2.12.2 Valores típicos de factores de incrustación**

| Fluido  | Coefficiente $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ |
|---|--|
| Agua de río                                       | 3000-12000                             |
| Agua de mar                                       | 1000-3000                              |
| Agua de enfriamiento (torres)                     | 3000-6000                              |
| Agua de suministro urbano (blanda)                | 3000-5000                              |
| Agua de suministro urbano (dura)                  | 1000-2000                              |
| Condensado de vapor de agua                       | 1500-5000                              |
| Vapor (exento de aceite)                          | 4000-10000                             |
| Vapor (con trazas de aceite)                      | 2000-5000                              |
| Salmuera refrigerada                              | 3000-5000                              |
| Aire y gases industriales                         | 5000-10000                             |
| Gases de combustión                               | 2000-5000                              |
| Vapores orgánicos                                 | 5000                                   |
| Líquidos orgánicos                                | 5000                                   |
| Hidrocarburos ligeros                             | 5000                                   |
| Hidrocarburos pesados                             | 2000                                   |
| Productos orgánicos hirviendo                     | 2500                                   |
| Condensado de productos orgánicos                 | 5000                                   |
| Fluidos utilizados para la transferencia de calor | 5000                                   |
| Disoluciones salinas acuosas                      | 3000-5000                              |

Nota: Estos valores para cambiadores de calor tubulares desprovistos de aletas proceden del «Chemical engineering», Vol 6, de J. M. Coulson y J. F. Richardson.

**2.12.3 Propiedades de algunos líquidos utilizados para el intercambio calórico**

| Líquido                        | PE<br>$^\circ C$ | Calor<br>específico<br>$J/kg \text{ } ^\circ C$ | Conductividad<br>térmica<br>$W/m \text{ } ^\circ C$ | Entalpía<br>por encima<br>de $0 \text{ } ^\circ C$ | Intervalo<br>$^\circ C$ |
|--------------------------------|------------------|---|---|--|-------------------------|
| Agua                           | 100              | $4.2 \times 10^3$                               | 0.684   | 627.0  | 0-204                   |
| o-Diclorobenceno               | -                | 2.3   | 0.111   | 500.7  | 0-260                   |
| Aceite mineral                 | -                | 2.3   | 0.116   | 314.0  | 10-299                  |
| Organosilicatos                | >316             | 2.01  | 0.125   | 167.5  | 10-316                  |
| Difenilos<br>clorados          | >316             | 1.30  | 0.093   | 180.5  | 10-316                  |
| Difenilo/<br>Oxido de difenilo | 260              | 2.20  | 0.132   | 578.4  | 20-370                  |

2.13 Transferencia de calor en estado no estacionario (transiente) — Diagramas

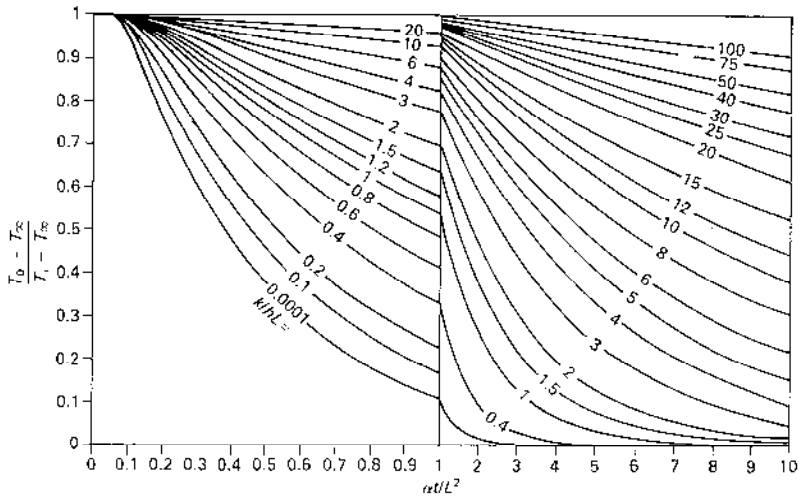


Diagrama de Heisler para una lámina infinita

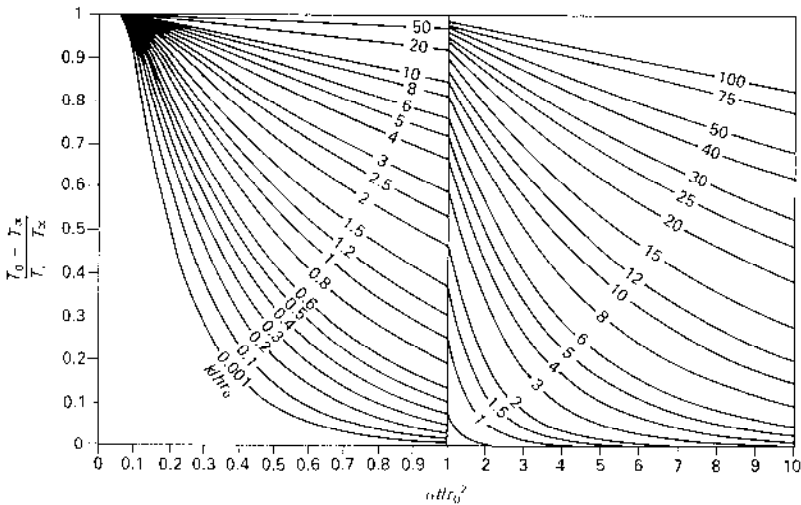


Diagrama de Heisler para un cilindro infinito

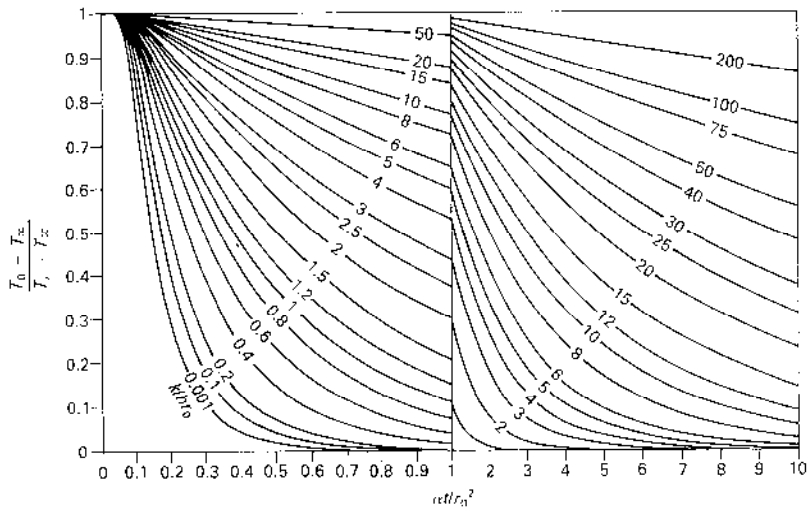
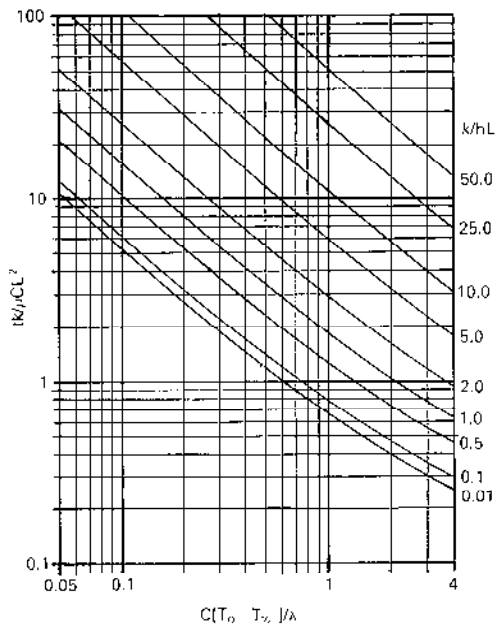
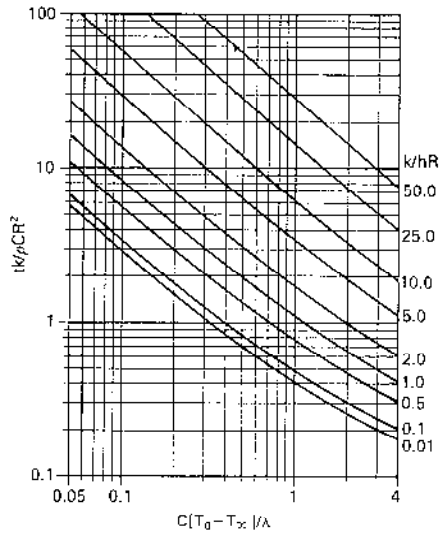


Diagrama de Heisler para una esfera

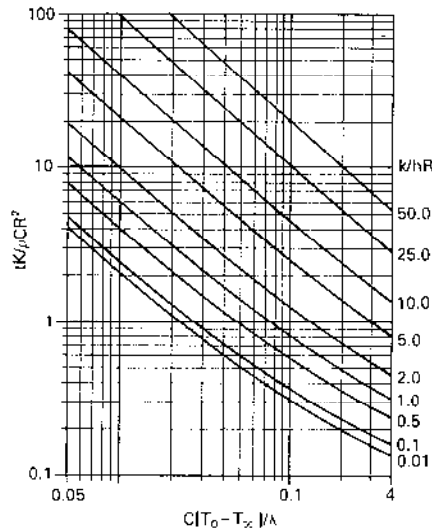


Congelación y descongelación de una lámina infinita

**2.13 Transferencia de calor en estado no estacionario (transiente) — Diagramas (continuación)**



Congelación y descongelación de un cilindro infinito



Congelación y descongelación de una esfera

**2.14 Datos del voltaje de un termopar**

| Temperatura |      | Cobre-Alumel | Hierro-Constantan | Cobre-Constantan |
|-------------|------|--------------|-------------------|------------------|
| °C          | °F   | (Mv)         | (Mv)              | (Mv)             |
| -129        | -200 | -4.29        | -5.76             | -4.111           |
| -101        | -150 | -3.52        | -4.68             | -3.380           |
| -73.3       | -100 | -2.65        | -3.49             | -2.559           |
| -45.6       | -50  | -1.70        | -2.22             | -1.654           |
| -40         | -40  | -1.50        | -1.96             | -1.463           |
| -28.9       | -20  | -1.10        | -1.43             | -1.072           |
|             | 0    | -0.68        | -0.89             | -0.670           |
| -6.67       | 20   | -0.20        | -0.34             | -0.254           |
| 4.44        | 40   | 0.18         | 0.22              | 0.171            |
| 15.6        | 60   | 0.62         | 0.79              | 0.609            |
| 26.7        | 80   | 1.06         | 1.36              | 1.057            |
| 37.8        | 100  | 1.52         | 1.94              | 1.517            |
| 49          | 120  | 1.97         | 2.52              | 1.987            |
| 60          | 140  | 2.43         | 3.11              | 2.467            |
| 71          | 160  | 2.89         | 3.71              | 2.958            |
| 82          | 180  | 3.36         | 4.31              | 3.458            |
| 93          | 200  | 3.82         | 4.91              | 3.967            |
| 104         | 220  | 4.28         | 5.51              | 4.486            |
| 116         | 240  | 4.74         | 6.11              | 5.014            |
| 127         | 260  | 5.20         | 6.72              | 5.550            |
| 138         | 280  | 5.65         | 7.33              | 6.094            |
| 149         | 300  | 6.09         | 7.94              | 6.647            |
| 177         | 350  | 7.20         | 9.48              | 8.064            |
| 204         | 400  | 8.31         | 11.03             | 9.525            |
| 232         | 450  | 9.43         | 12.57             | 11.030           |
| 260         | 500  | 10.57        | 14.12             | 12.575           |
| 316         | 600  | 12.86        | 17.18             | 15.773           |
| 371         | 700  | 15.18        | 20.26             | 19.100           |



## 2.15 Iluminación recomendada para superficies destinadas al tratamiento de los alimentos

| Zona   | Bujías, mínimo permanente durante las horas de trabajo |
|--|--|
| Panaderías y reposterías   |  |
| Cervecerías  | 50   |
| Sala de amasado  | 30   |
| Sala de fermentación   | 30   |
| Sala de pesado y boleado (panadería)                                     | 50   |
| Sala de esponjamiento en moldes  | 30   |
| Sala de horneado   | 30   |
| Rellenos y otros ingredientes  | 30   |
| Decoración y glaseado  |  |
| Manual   | 100  |
| Mecánico   | 50   |
| Sala de envoltura  | 30   |
| Cervecerías  |  |
| Extracción y fermentación  | 30   |
| Ebullición del mosto; lavado de barriles                                 | 30   |
| Envasado (botellas, latas y barriles)                                    | 50   |
| Confitería y repostería  |  |
| Departamento de empaquetado  | 50   |
| Departamento de chocolate  |  |
| Desgranado, descascarillado, extracción de grasa, refinado etc.          | 50   |
| Limpieza y clasificación de granos, engredado, envoltura                 | 50   |
| Molienda   | 100  |
| Elaboración de crema (amasado, cocción y moldeado)                       | 50   |
| Elaboración de pastillas de goma y preparados gelificados                | 50   |
| Decoración manual  | 100  |
| Elaboración de caramelos duros y Toffee                                  |  |
| Mezcla cocción y moldeado  | 50   |
| Troceado, selección y envoltura  | 100  |
| Elaboración de conservas   |  |
| Clasificación inicial de la materia prima                                | 100-200  |
| Preparación, inspección inicial, troceado, deshuesado e inspección final | 100-150  |

| Zona   | Bujías, mínimo permanente durante las horas de trabajo |
|--|--|
| Llenado automático   | 100  |
| Llenado manual   | 50   |
| Inspección   | 200  |
| Etiquetado y embalaje  | 30   |
| Planta auxiliar  |  |
| Salas de baterías, áreas de generadores de vapor, emplazamiento de bombas, salas de control, planta de aire acondicionado etc. | 10-50  |
| Industrias lácteas   |  |
| Procesado de leche líquida   |  |
| Inspección y lavado de botellas  | 30-50  |
| Lavado de botes  | 30   |
| Refrigeración  | 30   |
| Llenado e inspección   | 100  |
| Laboratorios   | 100  |
| Pasteurizadores y centrifugas separadoras  | 30   |
| Inspección   | 50-1000  |
| Taller de reparaciones   | 50-1000  |
| Molinería  |  |
| Molienda y tamizado  | 50   |
| Envasado   | 30   |
| Control de productos   | 100  |
| Elevadores, pasillos, etc.   | 30   |
| Industrias cárnicas  |  |
| Establos y salas de reposo   | 10-50  |
| Sacrificio   | 30   |
| Limpieza, despiezado, picado, tratamiento térmico, envasado y empaquetado  | 100  |
| Refinado de azúcar   |  |
| Selección  | 50   |
| Inspección del color   | 200  |
| Control  | 50-200   |

Datos adaptados de Hall *et al.* (1971).

### 2.16 Hidrogenación de aceites comestibles — Necesidades de hidrógeno

El índice de iodo indica la cantidad de iodo que reacciona con una grasa, en términos de tanto por ciento en peso. Por consiguiente, cuando se hidrogena un aceite la ganancia en peso como consecuencia de la fijación de hidrógeno es igual al índice de iodo dividido por 127. Para el control del proceso resulta conveniente conocer el volumen de hidrógeno seco necesario para reducir en una unidad el índice de iodo de una muestra del aceite en cuestión. La tabla que a continuación figura muestra las necesidades teóricas de hidrógeno y las que se dan en las plantas de endurecimiento, con factores de hidrogenación de 1,05 y 1,10 (pérdidas de hidrógeno del 5 y 10 % respectivamente).

*Necesidades de hidrógeno para reducir en una unidad el índice de iodo*

(para 1.000 kg de aceite)

| Factor de hidrogenación | Necesidades de hidrógeno |                       |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
|                         | 0 °C, 760 mm Hg          | 15 °C, 760 mm Hg      |
| 1                       | 0.8835 m <sup>3</sup>    | 0.9319 m <sup>3</sup> |
| 1.05                    | 0.9277 m <sup>3</sup>    | 0.9785 m <sup>3</sup> |
| 1.1                     | 0.9719 m <sup>3</sup>    | 1.025 m <sup>3</sup>  |

## 2.17 Selección de bombas y compresores

### *Transporte de gases*

La elección del equipo a utilizar en el transporte de gases depende de la velocidad de flujo, el diferencial de presión y la presión de trabajo. Cuando la caída de presión es escasa ( $< 35$  cm  $H_2O$ ; 0,03 bares) se emplean ventiladores. Cuando las diferencias de presión son moderadas y las velocidades de flujo son altas se eligen compresores de flujo axial. Cuando las diferencias de presión o las velocidades de flujo son altas, se eligen compresores centrífugos. Los eyectores de vapor son bombas de vacío económicas y versátiles, de amplio uso en la industria alimentaria.

### *Transporte de líquidos*

#### *Condiciones normales de operación de las bombas*

| Tipo                                 | Capacidad<br>$m^3/h$ | Presión de cabeza<br>m de agua |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Centrífuga                           | 0,25-10 <sup>3</sup> | 10-50                          |
| Alternativa                          | 0,5-500              | 50-200                         |
| De diafragma                         | 0,05-500             | 5-60                           |
| Rotatorias de engranajes y similares | 0,05-500             | 60-200                         |
| Rotatorias con deflectores           | 0,25-500             | 7-70                           |

Fuente de los datos: Coulson, Richardson y Sinnott. Equipment Selection, Specification and Design. Chemical Engineering.

# **PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LOS ALIMENTOS**

<http://avibert.blogspot.com>

- 3.1 Compendio de datos sobre alimentos.
- 3.2 pH de los alimentos.
  - 3.2.1 pH de diversos alimentos.
  - 3.2.2 Valores típicos de pH de productos y materias primas de confitería y repostería.
  - 3.2.3 pH postmortem de los tejidos animales.
  - 3.2.4 Valores de pH de disoluciones patrón.
  - 3.2.5 Valores de pH de productos biológicos.
- 3.3 Contenido en agua de diversos alimentos.
  - 3.3.1 Contenido en agua de algunas hortalizas.
  - 3.3.2 Contenido en agua de las frutas.
  - 3.3.3 Contenido en agua de las frutas en baya.
  - 3.3.4 Contenido en agua de los productos lácteos y ovoproductos.
  - 3.3.5 Contenido en agua de alimentos misceláneos.
  - 3.3.6 Contenido en agua de la carne.
  - 3.3.7 Humedad típica de los productos y materias primas de confitería y repostería.
- 3.4 Viscosidad de los alimentos líquidos.
  - 3.4.1 Variación de la viscosidad del agua con la temperatura.
  - 3.4.2 Densidad y viscosidad de disoluciones acuosas.
  - 3.4.3 Densidad y viscosidad de la leche y de la nata.
  - 3.4.4 Densidad y viscosidad de líquidos misceláneos de interés en la industria alimentaria.
  - 3.4.5 Viscosidad y composición de distintos tipos de jarabes de glucosa.
- 3.5 Punto de ebullición de las disoluciones de sacarosa (azúcar de caña y de remolacha).
  - 3.5.1 Relación entre punto de ebullición y concentración.
  - 3.5.2 Influencia del vacío sobre el punto de ebullición.
- 3.6 Datos reológicos de los alimentos.

- 3.7 Densidad de distintos productos sólidos.
  - 3.7.1 Densidad a granel aproximada y contenido en agua de diversos productos en polvo.
  - 3.7.2 Densidad de producto sólido de alimentos e ingredientes particulados.
- 3.8 Características físicas de alimentos en polvo.
  - 3.8.1 Análisis por tamizado típico del azúcar granulado.
  - 3.8.2 Tamaños de partícula típicos de las mezclas para cakes.
  - 3.8.3 Análisis por tamizado típico de una mezcla sazonzadora.
  - 3.8.4 Evaluación de las propiedades de flujo de los alimentos en polvo.
- 3.9 Resistencia y propiedades mecánicas de los alimentos.
  - 3.9.1 Dureza de partícula.
  - 3.9.2 Determinación de la cohesión de un producto en polvo.
  - 3.9.3 Determinación de las propiedades mecánicas de los alimentos.
- 3.10 Propiedades físicas y químicas de grasas aceites y productos lácteos.
  - 3.10.1 Composición y características analíticas de los productos grasos de los Estados Unidos.
  - 3.10.2 Compendio en ácidos grasos de las grasas y aceites más comunes.
  - 3.10.3 Compendio de las propiedades físicas y químicas de grasas y aceites.
  - 3.10.4 Viscosidad grasas y aceites.
  - 3.10.5 Punto de solidificación de las grasas y aceites más comunes.
  - 3.10.6 Punto de humo de inflamabilidad y de ignición de grasas y aceites.
  - 3.10.7 Composición de la mantequilla y productos similares.
  - 3.10.8 Formulación de mezclas de grasas típicas de las margarinas.
  - 3.10.9 Composición y propiedades físicas de la leche.
  - 3.10.10 Composición de los productos lácteos.
- 3.11 Datos dilatométricos, de contenido en sólidos y de análisis por RMN de grasas y aceites.
- 3.12 Densidad y peso específico de las disoluciones acuosas.
- 3.13 Datos de disoluciones tampón.
- 3.14 Datos psicrométricos de los alimentos, incluyendo diagramas, tablas de actividad de agua y datos de ERH.
  - 3.14.1 Diagrama psicrométrico — Temperaturas normales.
  - 3.14.2 Diagrama psicrométrico — Temperaturas elevadas.
  - 3.14.3 Tablas de depresión de la temperatura en el bulbo húmedo.
  - 3.14.4 Tabla de actividad de agua.
  - 3.14.5 Tabla de disoluciones de humedad constante.
  - 3.14.6 Clasificación de los tipos comunes de deshidratadores.
  - 3.14.7 Relaciones entre el contenido en agua y el peso en un proceso de deshidratación o secado.

## 3.1 Compendio de datos sobre alimentos

| Tipo de alimento    | % en agua | pH      | Punto de congelación °C | Calor específico kJ/kg °C |      | Calor latente kJ/kg | Conductividad térmica W/m °C |
|---------------------|-----------|---------|-------------------------|---------------------------|------|---------------------|------------------------------|
|                     |           |         |                         | A*                        | B*   |                     |                              |
| <b>Frutas</b>       |           |         |                         |                           |      |                     |                              |
| Manzana             | 80-84     | 3.0-3.3 | -2                      | 3.60                      | 1.88 | 280                 | 0.39-0.42                    |
| Plátano             | 75-76     | -       | -2                      | 3.35                      | 1.76 | 255                 | -                            |
| Pomelo              | 89        | -       | -2                      | 3.81                      | 1.93 | 293                 | 0.40-0.45                    |
| Naranja             | 87        | 3.2-3.8 | -2                      | 3.77                      | 1.93 | 288                 | 0.43                         |
| Melocotón           | 87        | 3.4-3.6 | -2                      | 3.78                      | 1.93 | 289                 | 0.35-0.45                    |
| Piña                | 85        | -       | -2                      | 3.68                      | 1.88 | 285                 | 0.35-0.45                    |
| Sandía              | 92        | -       | -2                      | 4.06                      | 2.01 | 306                 | 0.56-0.63                    |
| <b>Hortalizas</b>   |           |         |                         |                           |      |                     |                              |
| Espárragos          | 93        | 5.6-5.7 | -1                      | 3.93                      | 2.01 | 310                 | -                            |
| Judías verdes       | 89        | -       | -1                      | 3.81                      | 1.97 | 297                 | 0.39-0.92                    |
| Repollo             | 92        | 5.1-5.3 | -1                      | 3.93                      | 1.97 | 306                 | -                            |
| Zanahoria           | 88        | -       | -1                      | 3.60                      | 1.88 | 293                 | 0.62-0.67                    |
| Maíz                | 76        | 6.3-6.5 | -1                      | 3.35                      | 1.80 | 251                 | 0.14-0.18                    |
| Guisantes           | 74        | 6.1-6.3 | -1                      | 3.31                      | 1.76 | 247                 | 0.32-0.48                    |
| Patatas             | 80        | 5.4-5.8 | -2                      | 3.39                      | 1.74 | 258                 | 0.55                         |
| Tomates             | 95        | -       | -1                      | 3.98                      | 2.01 | 310                 | 0.40-0.66                    |
| <b>Carnes</b>       |           |         |                         |                           |      |                     |                              |
| Bacon               | 20        | -       | -                       | 2.09                      | 1.26 | 71                  | -                            |
| Vacuno              | 75-79     | 5.5-6.5 | -2                      | 3.22                      | 1.67 | 255                 | 0.43-0.48                    |
| Pescado             | 70        | 6.0     | -2                      | 3.18                      | 1.67 | 276                 | 0.56                         |
| Cordero             | 70-80     | -       | -2                      | 3.18                      | 1.67 | 276                 | 0.42-0.45                    |
| Cerdo               | 60-76     | -       | -2                      | 3.18                      | 1.67 | 276                 | 0.44-1.3                     |
| Aves                | 69-75     | 6.4-6.6 | -2                      | -                         | -    | -                   | 0.41-0.52                    |
| Ternera             | 63        | -       | -2                      | 2.97                      | 1.67 | 209                 | 0.44-0.49                    |
| <b>Misceláneos</b>  |           |         |                         |                           |      |                     |                              |
| Cerveza             | 92        | 4.1-4.3 | -2                      | 4.19                      | 2.01 | 301                 | 0.52-0.64                    |
| Pan                 | 32-37     | -       | -2                      | 2.93                      | 1.42 | 109-121             | -                            |
| Mantequilla         | 15-16     | -       | -                       | 1.4-2.7                   | 1.2  | 53.5                | 0.197                        |
| Cereales            | 12-14     | -       | -                       | 1.5-1.9                   | 1.2  | -                   | 0.13-0.18                    |
| Queso               | 30-38     | 4.0-6.5 | -2                      | 1.94                      | 1.24 | -                   | -                            |
| Chocolate           | 55        | -       | -1                      | 1.26                      | 2.30 | 93                  | -                            |
| Nata, 40 % de grasa | 73        | -       | -2                      | 3.52                      | 1.65 | -                   | 0.33                         |
| Huevos              | 49        | -       | -3                      | 3.2                       | 1.67 | 276                 | 0.34-0.62                    |
| Helados             | 58-66     | -       | -3, -18                 | 3.3                       | 1.88 | 222                 | -                            |
| Leche               | 87.5      | 6.5-6.7 | -1                      | 3.9                       | 2.05 | 289                 | 0.53                         |
| Zumo de naranja     | 89        | 3.9     | -                       | -                         | -    | -                   | 0.48-0.68                    |
| Uvas pasas          | 24.5      | 3.6-4.2 | -                       | 1.94                      | -    | -                   | 0.55                         |
| Salchichas          | 65        | -       | -3                      | 3.68                      | 2.32 | 216                 | 0.38-0.43                    |
| Salmón              | 64        | 6.2-6.4 | -3                      | 2.97                      | 1.84 | -                   | 0.50-1.3                     |
| Yogurt              | -         | 4.0-4.5 | -                       | -                         | -    | -                   | 0.53-0.67                    |

\* A = por encima del punto de congelación; B = por debajo del punto de congelación.

### 3.2 pH de los alimentos

#### 3.2.1 pH de diversos alimentos

| Alimento            | pH      | Alimento                       | pH      |
|---------------------|---------|--------------------------------|---------|
| Límones             | 2.3-2.6 | Queso (Port Salut)             | 5.2-5.5 |
| Vinagre             | 2.4-2.8 | Sopas                          | 5.3     |
| Vino                | 2.8-3.2 | Patatas                        | 5.4-5.8 |
| Ciruelas, grosellas | 2.9-3.2 | Espárragos                     | 5.5     |
| Olivas              | 3.1     | Alubias con carne de cerdo     | 5.5     |
| Pepinos             | 3.1     | Carnes                         | 5.5-6.5 |
| Manzanas            | 3.0-3.3 | Espinacas                      | 5.5-5.6 |
| Escabeches          | 3.0-3.3 | Coliflor                       | 5.6-5.7 |
| «Apple butter» *    | 3.3     | Queso duro                     | 5.6-6.2 |
| Pomelo              | 3.4     | Judías verdes                  | 5.7     |
| Compota de manzana  | 3.8     | Salchichas Frankfurt           | 5.8     |
| Zumo de piña        | 3.5     | Pescado                        | 6.0     |
| Col ácida           | 3.5-4.0 | Jamón                          | 6.1     |
| Naranjas            | 3.2-3.8 | Guisantes                      | 6.1-6.4 |
| Fresas              | 3.3-3.4 | Sardinas                       | 6.1-6.4 |
| Melocotones         | 3.4-3.6 | Salmón                         | 6.2-6.4 |
| Cerezas             | 3.4-4.0 | Ostras                         | 6.2-6.5 |
| Uvas pasas          | 3.6-4.2 | Corn beef                      | 6.3     |
| Albaricoques        | 3.7-3.8 | Judías verdes (lima)           | 6.4     |
| Zumo de naranja     | 3.9     | Maíz a la nata                 | 6.3-6.5 |
| Yogurt/queso fresco | 4.0-4.5 | Carne de ave                   | 6.4-6.6 |
| Cerveza             | 4.1-4.3 | Setas                          | 6.4     |
| Calabacín           | 4.2     | Leche                          | 6.5-6.7 |
| Zumo de ciruelas    | 3.9     | Legumbres (escaldado alcalino) | 6.5-7.5 |
| Zumo de tomate      | 4.3     | Gambas                         | 6.8-7.0 |
| Queso               | 4.8     | Maíz                           | 6.9     |
| Nabo/coles          | 5.1-5.3 | Pollo                          | 7.3     |
| Alubias de riñón    | 5.2-5.4 | Crackers sodadas               | 7.5     |

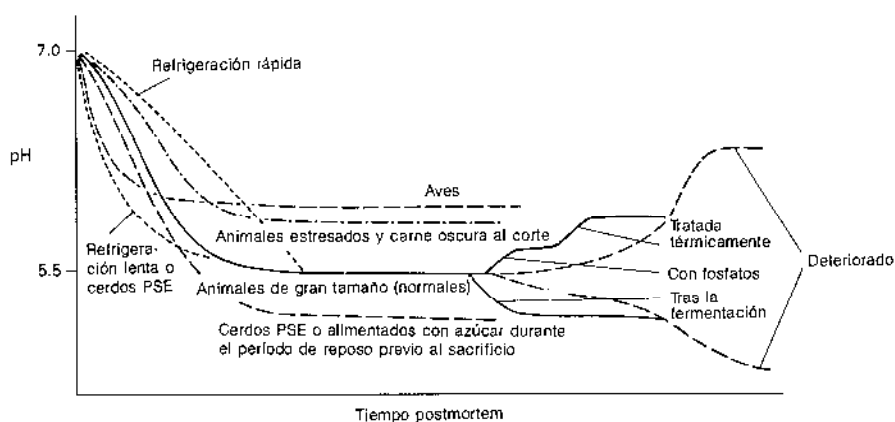
\* Un tipo de mermelada de manzana.



### 3.2.2 Valores típicos de pH de productos y materias primas de confitería y repostería

| Producto                     | pH      | Producto                        | pH  |
|------------------------------|---------|---------------------------------|-----|
| Caramelos duros (ácidos)     | 2.2     | Gelatina (tratamiento alcalino) | 5.1 |
| Pulpa de manzana             | 2.5     | Jarabe de glucosa               | 5.2 |
| Acido láctico (tamponado)    | 3.0     | Geles de alginato               | 5.3 |
| Gel de pectina               | 3.1     | Mazapán                         | 6.0 |
| Miel (según el origen)       | 3.4-6.0 | Nata                            | 6.2 |
| Jaleas                       | 3.8     | Cacao                           | 6.3 |
| Pulpa de piña                | 3.8     | Leche evaporada                 | 6.4 |
| Lactosa                      | 3.9     | Azúcares líquidos               | 6.4 |
| Cremas                       | 4.2     | Manteca de cacao                | 6.6 |
| Gelatina (tratamiento ácido) | 4.2     | Leche en polvo                  | 6.6 |
| Geles de gelatina            | 4.4     | Mantequilla                     | 6.6 |
| Fondán                       | 4.4     | Agua pura desionizada (neutra)  | 7.0 |
| Albúmina de huevo            | 4.7     | Alginato sódico (alcalino)      | 7.7 |
| Goma de adracanto            | 5.0     |                                 |     |

### 3.2.3 pH postmortem de los tejidos animales



De: Ockerman H. W. — Chemistry of Muscle and Major Organs.  
 En Libby, J. A. (Ed) — Meat Hygiene.  
 Lea & Febiger. Philadelphia. 1975.

## 3.2.4 Valores de pH de disoluciones patrón

| Normalidad | Valores de pH |                      |       |                 |
|------------|---------------|----------------------|-------|-----------------|
|            | HCl           | CH <sub>3</sub> COOH | NaOH  | NH <sub>3</sub> |
| 1          | 0.10          | 2.37                 | 14.05 | 11.77           |
| 0.1        | 1.07          | 2.87                 | 13.07 | 11.27           |
| 0.01       | 2.02          | 3.37                 | 12.12 | 10.77           |
| 0.001      | 3.01          | 3.87                 | 11.13 | 10.27           |
| 0.0001     | 4.01          |                      |       |                 |

## 3.2.5 Valores de pH de productos biológicos

| Producto                       | pH      | Producto                    | pH      |
|--------------------------------|---------|-----------------------------|---------|
| Sangre (límites normales)      | 7.3-7.5 | Jugo gástrico (adultos)     | 0.9-1.6 |
| Sangre (límites extremos)      | 7.0-7.8 | Leche de vaca, límites      | 6.2-7.3 |
| Rango de actividad enzimática: |         | Leche humana                | 7.0-7.2 |
| Amilopsina, óptimo             | 7.0     | Jugo muscular               | 6.8     |
| Erepsina, óptimo               | 7.8     | Vegetales (jugos extraídos) |         |
| Invertasa, óptimo              | 5.5     | Alfalfa                     | 5.9     |
| Lipasa, pancreática            | 7.0-8.0 | Zanahoria                   | 5.2     |
| Maltasa, óptimo                | 6.1-6.8 | Pepino                      | 5.1     |
| Pepsina, óptimo                | 1.5-2.4 | Guisantes, en el campo      | 6.8     |
| Tripsina, óptimo               | 8-9     | Patata                      | 6.1     |
| Zumos de fruta                 |         | Ruibarbo (tallos)           | 3.4     |
| Manzana                        | 3.8     | Judías verdes (string)      | 5.2     |
| Plátano                        | 4.6     | Saliva                      | 6.2-7.6 |
| Pomelo                         | 3.0-3.3 | Sudor                       | 4.5-7.1 |
| Naranja                        | 3.1-4.1 | Lágrimas                    | 7.2     |
| Tomate                         | 4.2     | Orina humana, límites       | 4.2-8.2 |

De: Peterson, W. H. Skinner, J. T. y Strong, F. M. — Elements of Food Biochemistry. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.

### 3.3 Contenido en agua de diversos alimentos

#### 3.3.1 Contenido en agua de algunas hortalizas

| Producto                  | Contenido en agua % | Producto                       | Contenido en agua % |
|---------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|
| Alcachofas                |                     | Puerros (verdes)               | 88.2-92.0           |
| Globe                     | 83.7                | Lentejas                       | 12.0                |
| de Jerusalén              | 79.5                | Lechuga                        | 94.8                |
| Espárragos                | 93.0                | Setas (frescas)                | 90.1-91.1           |
| Aguacates                 | 65.4                | Setas (secas)                  | 30.0                |
| Judías                    |                     | Okra                           | 89.8                |
| Secas                     | 12.5                | Cebolla                        | 87.5                |
| Verdes                    |                     | Perejil                        | 65.0-95.0           |
| Francesas                 | 90.0                | Chirivía                       | 78.6                |
| Comunes (snap)            | 88.9-90.0           | Guisantes (secos)              | 9.5                 |
| Lima                      | 65.5-66.5           | Guisantes (verdes)             | 74.4-76.0           |
| Comunes (string)          | 88.9                | Guisantes (secados al aire)    | 14.0                |
| Remolachas (descabezadas) | 87.6                | Pimiento (dulce)               | 92.4                |
| Brocoli con brotes        | 89.9                | Guindilla seca                 | 12.0                |
| Coles de Bruselas         | 84.9                | Palomitas de maíz (sin inflar) | 13.5                |
| Repollo (tardío)          | 92.4                | Patatas                        | 75.0                |
| Repollo (blanco, fresco)  | 90.0-92.0           | Boniatos                       | 68.5                |
| Zanahorias                |                     | Calabacín                      | 90.5                |
| Frescas                   | 86.0-90.0           | Rábanos (primavera)            | 93.6                |
| Hervidas                  | 92.0                | Rutabagas                      | 89.1                |
| Coliflor                  | 91.7                | Acedera                        | 92.0                |
| Apionabo                  | 88.3                | Salsifi                        | 79.1                |
| Apio                      | 93.7                | Espinaca                       | 85.0-92.7           |
| Maíz (dulce)              | 73.9                | Calabaza                       | 88.6-95.0           |
| Maíz (verde)              | 75.5                | Tomate                         |                     |
| Maíz (seco)               | 10.5                | (verde-maduro)                 | 85.0-94.7           |
| Pepinos                   | 96.1-97.0           | Tomate (maduro)                | 94.1                |
| Berenjenas                | 92.7                | Nabo                           | 90.9                |
| Endivias                  | 93.3                |                                |                     |
| Ajos (secos)              | 74.2                |                                |                     |
| Col rizada                | 86.6                |                                |                     |
| Colinabo                  | 90.0                |                                |                     |

## 3.3.2 Contenido en agua de las frutas

| Producto          | Contenido en agua % | Producto       | Contenido en agua % |
|-------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| Manzana           | 75.0-85.0           | Naranja        | 87.2                |
| Albaricoque       | 85.4                | Papaya         | 90.8                |
| Plátano           | 74.8                | Melocotón      | 86.9-90.0           |
| Dátiles (secos)   | 20.0                | Pera           | 82.7                |
| Dátiles (frescos) | 78.0                | Caqui          | 78.2                |
| Higos (pasos)     | 24.0                | Piña           | 85.3                |
| Higos (frescos)   | 78.0                | Ciruela        | 81.0-85.7           |
| Pomelo            | 88.8                | Ciruelas pasas | 28.0-35.0           |
| Limón             | 89.3                | Granada        | 85.3                |
| Lima              | 86.0                | Membrillo      | 85.3                |
| Mango             | 81.4                | Tangerinas     | 87.3                |
| Melón             | 92.1-92.7           |                |                     |
| Nectarina         | 82.9                |                |                     |

## 3.3.3 Contenido en agua de las frutas en baya

| Producto                | Contenido en agua % | Producto                 | Contenido en agua % |
|-------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| Zarzamora (tipo erecto) | 84.8                | Uvas (USA)               | 81.9                |
| Vacinio                 | 82.3                | Uvas (Europa)            | 81.6                |
| Cereza                  | 83.0                | Frambuesa norteamericana | 82.9                |
| Arándano                | 87.4                | Frambuesa (negra)        | 80.6                |
| Grosella                | 87.4                | Frambuesa (roja)         | 84.1                |
| Zarzamora rastrera      | 87.4                | Fresa (fresca)           | 89.9-91.0           |
| Uvaespina               | 88.9                | Fresa (congelada)        | 72.0                |

## 3.3.4 Contenido en agua de los productos lácteos y ovoproductos

| Producto                      | Contenido en agua % | Producto                | Contenido en agua % |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| Clara de huevo (fermentada)   | 3.0-15.0            | Huevo en polvo (entero) | 5.0                 |
| Clara de huevo (deshidratada) | 6.0                 | Huevo, yema en polvo    | 3.0                 |
| Mantequilla                   | 15.0-16.0           | Huevo (congelado)       | 73.0                |
| Queso (magro)                 | 50.0                | Huevo (con cáscara)     | 67.0-76.0           |
| Queso                         | 30.0-38.0           | Helados                 | 58.0-66.0           |
| Nata (ácida)                  | 57.0-73.0           | Leche en polvo          | 12.5                |
| Nata (edulcorada)             | 75.0                | Leche desnatada         | 91.0                |
| Crema de queso                | 80.0                | Leche entera            | 87.5                |

**3.3.5 Contenido en agua de alimentos misceláneos**

| Producto       | Contenido en agua % | Producto         | Contenido en agua % |
|----------------|---------------------|------------------|---------------------|
| Pan (blanco)   | 44.0-45.0           | Nueces (secas)   | 3.0-10.0            |
| Pan (integral) | 48.5                | Nueces (enteras) | 3.0-6.0             |
| Harina         | 12.0-13.5           | Oleomargarina    | 15.5                |
| Granos         | 15.0-20.0           | Olivas frescas   | 75.2                |
| Macarrones     | 13.0                | Uvas pasas       | 24.5                |
| Azúcar de arce | 5.0                 | Arroz            | 10.5-13.5           |
| Jarabe de arce | 36.0                | Levadura         | 70.9                |

**3.3.6 Contenido en agua de la carne**

| Producto              | Contenido en agua % | Producto              | Contenido en agua % |
|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| Bacon                 | 13.0-39.0           | Cordero (fresco)      | 60.0-70.0           |
| Vacuno (fresco)       | 62.0-67.0           | Ovino adulto          | 90.0                |
| Vacuno (graso)        | 50.0                | Cerdo (fresco)        | 35.0-42.0           |
| Vacuno (magro)        | 70.0-76.0           | Cerdo (fresco, graso) | 39.0                |
| Vacuno (deshidratado) | 5.0-15.0            | Cerdo (fresco, magro) | 57.0                |
| Jamón (pernil fresco) | 47.0-54.0           | Cerdo (ahumado)       | 57.0                |
| Jamón curado          | 40.0-45.0           | Salchichas (frescas)  | 65.0                |

### 3.3.7 Humedad típica de los productos y materias primas de confitería y repostería

#### *Productos de confitería y repostería*

| Producto                                       | Humedad % | Producto                | Humedad % |
|--|-----------|-------------------------|-----------|
| Caramelos duros (alta)                         | 2.0       | Geles de gelatina       | 22.0      |
| Butterscotch (dulce de azúcar con mantequilla) | 3.5       | Geles de pectina        | 22.0      |
| Frutas confitadas                              | 20.0      | Geles de mesa           | 25.0      |
| Caramelos                                      | 8.0       | Pasta de regaliz        | 18.0      |
| Chocolates                                     | 1.0       | Losanges                | 2.5       |
| Cremas   | 14.0      | Marshmallow moldeada    | 18.0      |
| Pasta de crema                                 | 6.0       | Marshmallow en grano    | 12.0      |
| Fondan   | 12.0      | Turrón                  | 8.0       |
| Fudge*   | 7.0       | Tabletas                | 1.0       |
| Geles de agar                                  | 24.0      | Delicias turcas (rahat) | 20.0      |

\* Caramelo blando granulado.

#### *Materias primas*

| Ingrediente               | Humedad % | Ingrediente              | Humedad % |
|---------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| Agar                      | 16.0      | EG* alto                 | 18.0      |
| Bloque de jugo de regaliz | 18.7      | Rico en maltosa          | 16.7      |
| Azúcar sin refinar        | 2.9       | De conversión enzimática | 16.7      |
| Mantequilla               | 13.8      | Jarabe dorado            | 16.7      |
| Peladuras confitadas      | 20.0      | Azúcar granulado         | 0.01      |
| Chocolate                 | 1.0       | Goma arábica             | 9.9       |
| Chocolate desmenuzado     | 1.0       | Goma de adracanto        | 9.9       |
| Acido cítrico hidratado   | 8.3       | Miel                     | 18.0      |
| Leche condensada          | 27.0      | Azúcar para glasear      | 0.01      |
| Harina de maíz            | 12.3      | Azúcar invertido         | 28.0      |
| Dátiles                   | 24.8      | Lactosa                  | 0.1       |
| Glucosa, hidrato          | 9.1       | Leche en polvo           | 22.9      |
| Pulpa de fruta            | 39.8      | Nueces                   | 2.0       |
| Gelatina                  | 12.3      | Sorbitol                 | 30.0      |
| Jarabe de glucosa         |           | Harina de soja           | 7.4       |
| EG* bajo                  | 19.4      | Almidón                  | 10.7      |
| EG* medio                 | 18.7      | Harina de trigo          | 13.8      |

\* EG = Equivalente en glucosa.

### 3.4 Viscosidad de los alimentos líquidos

#### 3.4.1 Variación de la viscosidad del agua con la temperatura

| Temperatura °C | Viscosidad centipoises | Temperatura °C | Viscosidad centipoises |
|----------------|------------------------|----------------|------------------------|
| 0              | 1.7921                 | 51             | 0.5404                 |
| 1              | 1.7313                 | 52             | 0.5315                 |
| 2              | 1.6728                 | 53             | 0.5229                 |
| 3              | 1.6191                 | 54             | 0.5146                 |
| 4              | 1.5674                 | 55             | 0.5064                 |
| 5              | 1.5188                 | 56             | 0.4985                 |
| 6              | 1.4728                 | 57             | 0.4907                 |
| 7              | 1.4284                 | 58             | 0.4832                 |
| 8              | 1.3860                 | 59             | 0.4759                 |
| 9              | 1.3462                 | 60             | 0.4688                 |
| 10             | 1.3077                 | 61             | 0.4618                 |
| 11             | 1.2713                 | 62             | 0.4550                 |
| 12             | 1.2363                 | 63             | 0.4483                 |
| 13             | 1.2028                 | 64             | 0.4418                 |
| 14             | 1.1709                 | 65             | 0.4355                 |
| 15             | 1.1404                 | 66             | 0.4293                 |
| 16             | 1.1111                 | 67             | 0.4233                 |
| 17             | 1.0828                 | 68             | 0.4174                 |
| 18             | 1.0559                 | 69             | 0.4117                 |
| 19             | 1.0299                 | 70             | 0.4061                 |
| 20             | 1.0050                 | 71             | 0.4006                 |
| 20             | 1.0000                 | 72             | 0.3952                 |
| 21             | 0.9810                 | 73             | 0.3900                 |
| 22             | 0.9579                 | 74             | 0.3849                 |
| 23             | 0.9358                 | 75             | 0.3799                 |
| 24             | 0.9142                 | 76             | 0.3750                 |
| 25             | 0.8937                 | 77             | 0.3702                 |
| 26             | 0.8737                 | 78             | 0.3655                 |
| 27             | 0.8545                 | 79             | 0.3610                 |
| 28             | 0.8360                 | 80             | 0.3565                 |
| 29             | 0.8180                 | 81             | 0.3521                 |
| 30             | 0.8007                 | 82             | 0.3478                 |
| 31             | 0.7840                 | 83             | 0.3436                 |
| 32             | 0.7679                 | 84             | 0.3395                 |
| 33             | 0.7523                 | 85             | 0.3355                 |
| 34             | 0.7371                 | 86             | 0.3315                 |
| 35             | 0.7225                 | 87             | 0.3276                 |
| 36             | 0.7085                 | 88             | 0.3239                 |
| 37             | 0.6947                 | 89             | 0.3202                 |
| 38             | 0.6814                 | 90             | 0.3165                 |
| 39             | 0.6685                 | 91             | 0.3130                 |
| 40             | 0.6560                 | 92             | 0.3095                 |
| 41             | 0.6439                 | 93             | 0.3060                 |
| 42             | 0.6321                 | 94             | 0.3027                 |
| 43             | 0.6207                 | 95             | 0.2994                 |
| 44             | 0.6097                 | 96             | 0.2962                 |

**3.4.2 Densidad y viscosidad de disoluciones acuosas**

| Producto        | Concentración % | Temp. °C | Densidad kg/m <sup>3</sup> | Viscosidad Ns/m <sup>2</sup> × 10 <sup>3</sup> |
|-----------------|-----------------|----------|----------------------------|--|
| Acido acético   | -               | 20       | 1050                       | 1.2  |
| Cloruro cálcico | 24              | -23      | 1238                       | 12.5   |
|                 | 25              | 0        | -                          | 4.55   |
|                 | 25              | 20       | -                          | 2.4  |
|                 | 25              | 40       | -                          | 1.28   |
|                 | 25              | 60       | -                          | 0.72   |
| Cloruro sódico  | 22              | 2        | 1240                       | 2.7  |
|                 | 22              | 0        | 1190                       | 6.1  |
| Sacarosa        | 20              | 20       | 1070                       | 1.92   |
|                 | 20              | 80       | -                          | 0.59   |
|                 | 60              | 20       | -                          | 60.2   |
|                 | 60              | 80       | -                          | 5.4  |
|                 | 60              | 95       | -                          | 3.7  |
| Acido sulfúrico | -               | 20       | 1830                       | 25.0   |

**3.4.3 Densidad y viscosidad de la leche y de la nata**

| Producto        | Concentración % | Temp. °C | Densidad kg/m <sup>3</sup> | Viscosidad Ns/m <sup>2</sup> × 10 <sup>3</sup> |
|-----------------|-----------------|----------|----------------------------|--|
| Leche entera    | -               | 20       | 1030                       | 2.12   |
|                 | -               | 0        | 1035                       | 4.28   |
|                 | -               | 20       | 1030                       | 2.12   |
|                 | -               | 70       | 1012                       | 0.7  |
| Leche desnatada | -               | 25       | 1040                       | 1.4  |
| Nata            | 20 % de grasa   | 3        | 1010                       | 6.2  |
|                 | 30 % de grasa   | 3        | 1000                       | 13.8   |



### 3.4.4 Densidad y viscosidad de líquidos misceláneos de interés en la industria alimentaria

| Producto         | Temperatura<br>°C | Densidad<br>kg/m <sup>3</sup> | Viscosidad<br>Ns/m <sup>2</sup> × 10 <sup>3</sup> |
|------------------|-------------------|-------------------------------|---|
| Amoníaco         | -15               | 660                           | 0.25  |
|                  | 27                | 600                           | 0.21  |
| Cerveza          | 0                 | 1000                          | 1.3   |
| Aceite de ricino | 10                | 969                           | 2420  |
|                  | 20                |                               | 986   |
|                  | 40                |                               | 231   |
| Etanol           | 20                | 790                           | 1.2   |
| Freón 12         | -15               | 1440                          | 0.33  |
|                  | 27                | 1300                          | 0.26  |
| Miel             | 25                | 1400                          | 6000  |
| Alcohol metílico | 0                 | 810                           | 0.813   |
|                  | 20                |                               | 0.591   |
| Melazas          | 21                | 1430                          | 6600  |
|                  | 37.8              | 1380                          | 1872  |
|                  | 49                | 1310                          | 920   |
|                  | 66                | 1160                          | 374   |

**3.4.5 Viscosidad y composición de diversos tipos de jarabes de glucosa**

| Tipo  | Equivalente en glucosa |             |             |                          |                  | Rico en maltosa  |
|---|------------------------|-------------|-------------|--------------------------|------------------|------------------|
|   | bajo                   | bajo        | moderado    | intermedio               | alto             |                  |
| Grados Baumé  | 41.2                   | 43.2        | 43.2        | 43.2                     | 43.2             | 43.2             |
| Sólidos totales %                                     | 75.97                  | 80.67       | 80.67       | 81.55                    | 82.03            | 80.67            |
| Equivalente en glucosa %                              | 26                     | 38          | 42          | 55                       | 64               | 42               |
| Cenizas   | 0.3                    | 0.3         | 0.3         | 0.3                      | 0.3              | 0.3              |
| Monosacáridos %                                       | 8.0                    | 15.0        | 19.3        | 30.8                     | 37.0             | 5.9              |
| Disacáridos (maltosa)                                 | 7.5                    | 12.5        | 14.3        | 18.1                     | 31.5             | 44.4             |
| Trisacáridos  | 7.5                    | 11.0        | 11.8        | 13.2                     | 11.0             | 12.7             |
| Tetrasacáridos  | 7.0                    | 9.0         | 10.0        | 9.5                      | 5.0              | 3.3              |
| Pentasacáridos  | 6.5                    | 8.0         | 8.4         | 7.2                      | 4.0              | 1.3              |
| Hexasacáridos   | 5.0                    | 7.0         | 6.6         | 5.1                      | 3.0              | 1.5              |
| Heptasacáridos  | 4.5                    | 5.0         | 5.6         | 4.2                      | 2.0              | 1.0              |
| Octasacáridos y otros azúcares de peso molecular alto | 54.0                   | 32.5        | 24.0        | 11.9                     | 6.9              | 29.4             |
| Viscosidad, centipoises a 16 °C $\times 10^6$         | 5.0                    | 3.6         | 3.4         | 2.2                      | 1.3              | 3.4              |
| Obtención   | conv. ácida            | conv. ácida | conv. ácida | conv. ácida y enzimática | conv. enzimática | conv. enzimática |

### 3.5 Punto de ebullición de las disoluciones de sacarosa (azúcar de caña y de remolacha)

#### 3.5.1 Relación entre punto de ebullición y concentración

| Concentración<br>de sacarosa<br>% | Punto de<br>ebullición |       |
|-----------------------------------|------------------------|-------|
|                                   | °C                     | °F    |
| 40                                | 101.4                  | 214.5 |
| 50                                | 102                    | 215.5 |
| 60                                | 103                    | 217.5 |
| 70                                | 105.5                  | 222   |
| 75                                | 108                    | 227   |
| 80                                | 111                    | 232   |
| 85                                | 116                    | 241   |
| 90                                | 122                    | 252   |
| 95                                | 130                    | 266   |

#### 3.5.2 Influencia del vacío sobre el punto de ebullición

| Sólidos<br>totales<br>% | Punto de ebullición<br>en caldera abierta |     | Ebullición al vacío |     |       |
|-------------------------|---|-----|---------------------|-----|-------|
|                         | °C  | °F  | °C                  | °F  | Bares |
| 96                      | 143.4                                     | 290 | 129.5               | 265 | 0.176 |
| 97                      | 150                                       | 302 | 135                 | 275 | 0.190 |
| 98                      | 160.1                                     | 320 | 140.6               | 285 | 0.197 |

## 3.6 Datos reológicos de los alimentos

| Producto             | Temp.<br>°C | Concen-<br>tración,<br>sólidos<br>totales % | Consisten-<br>cia Pa s <sup>n</sup> | Indice de<br>compor-<br>tamiento<br>de flujo<br>(n) | Método   | Referen-<br>cia bibli-<br>ográfica |
|----------------------|-------------|---|-------------------------------------|---|----------|------------------------------------|
| Zumo de manzana      | 27          | 20° Brix                                    | 0.0021                              | 1.0   | Tubo cap | 1                                  |
| Zumo de manzana      | 27          | 60° Brix                                    | 0.03                                | 1.0   | Tubo cap | 1                                  |
| Compota de manz.     | 24          | Desc  | 0.66                                | 0.408   | Tubo cap | 2                                  |
| Compota de manz.     | 25          | 31.7  | 22.0                                | 0.4   | Cil coax | 3                                  |
| Compota de manz.     | 27          | 11.6  | 12.7                                | 0.28  | Tubo cap | 1                                  |
| Conc de albaricoque  | 25          | 26  | 67.0                                | 0.3   | Cil coax | 3                                  |
| Puré de albaricoque  | 21          | 17.7  | 5.4                                 | 0.29  | Cil coax | 4                                  |
| Puré de albaricoque  | 25          | 19  | 20.0                                | 0.3   | Cil coax | 4                                  |
| Puré de albaricoque  | 27          | 13.8  | 7.2                                 | 0.41  | Tubo cap | 1                                  |
| Puré de plátano      | 20          | Desc  | 6.89                                | 0.46  | Tubo cap | 2                                  |
| Puré de plátano      | 24          | Desc  | 10.7                                | 0.333   | Tubo cap | 2                                  |
| Puré de plátano      | 42          | Desc  | 5.26                                | 0.486   | Tubo cap | 2                                  |
| Puré de plátano      | 49          | Desc  | 4.15                                | 0.478   | Tubo cap | 2                                  |
| Jarabe de maíz       | 27          | 48.4  | 0.053                               | 1.0   | Cil coax | 4                                  |
| Nata (20 % de grasa) | 3           |   | 0.0062                              | 1.0   | Desc     | 5                                  |
| Nata (30 % de grasa) | 3           |   | 0.0138                              | 1.0   | Desc     | 5                                  |
| Mosto                | 27          | 20° Brix                                    | 0.0025                              | 1.0   | Tubo cap | 1                                  |
| Mosto                | 27          | 60° Brix                                    | 0.11                                | 1.0   | Tubo cap | 1                                  |
| Miel                 | 24          | Normal                                      | 5.6-6.2                             | 1.0   | Tubo cap | 2                                  |
| Aceite de oliva      | 20          | Normal                                      | 0.084                               | 1.0   | Desc     | 5                                  |
| Puré de melocotón    | 27          | 10.0  | 0.94-4.5                            | .34-.44   | Cil coax | 6                                  |
| Puré de pera         | 27          | 14.6  | 5.3                                 | 0.38  | Tubo cap | 1                                  |

| Producto        | Temp.<br>°C | Concen-<br>tración,<br>sólidos<br>totales % | Consisten-<br>cia Pa s <sup>n</sup> | Índice de<br>compor-<br>tamiento<br>de flujo<br>(n) | Método   | Referen-<br>cia bibli-<br>ográfica |
|-----------------|-------------|---|-------------------------------------|---|----------|------------------------------------|
| Puré de pera    | 27          | 15.2  | 4.25                                | 0.35  | Cil coax | 4                                  |
| Puré de pera    | 32          | 18.31                                       | 2.25                                | 0.486   | Cil coax | 6                                  |
| Puré de pera    | 32          | 45.75                                       | 35.5                                | 0.479   | Cil coax | 6                                  |
| Leche desnatada | 25          | Normal                                      | 0.0014                              | 1.0   | Desc     | 5                                  |
| Aceite de soja  | 30          | Normal                                      | 0.04                                | 1.0   | Desc     | 5                                  |
| Conc de tomate  | 32          | 5.8   | 0.223                               | 0.59  | Cil coax | 7                                  |
| Conc de tomate  | 32          | 30  | 18.7                                | 0.4   | Cil coax | 7                                  |
| Leche entera    | 20          | Normal                                      | 0.0212                              | 1.0   | Desc     | 5                                  |

Nota: Tubo cap = Tubo capilar, Cil coax = Cilindro coaxial, Desc = Desconocido, Conc = Concentrado.

#### Referencias bibliográficas

- 1 Saravacos 1968
- 2 Charm 1970
- 3 Watson 1968
- 4 Harper 1960
- 5 Mohsenin 1970
- 6 Harper & Lebermann 1964
- 7 Harper & El Sahrigi

### 3.7 Densidad de distintos productos sólidos

#### *Densidad a granel y porosidad*

Densidad a granel es la masa de las partículas que ocupan la unidad de volumen y porosidad es la fracción de volumen no ocupada por el producto sólido.

$$\text{Porosidad total} = 1 - \frac{\text{Densidad a granel}}{\text{Densidad de producto sólido}}$$

Como los productos pulverulentos se pueden comprimir, su densidad a granel se suele dar especificando las condiciones: vertido, tras vibración o comprimido.

#### 3.7.1 Densidad a granel aproximada y contenido en agua de diversos productos en polvo

| Producto                          | Densidad a granel<br>kg/m <sup>3</sup> | Contenido en agua<br>% |
|-----------------------------------|--|------------------------|
| Fórmula para alimentos infantiles | 400                                    | 2.5                    |
| Cacao                             | 480                                    | 3-5                    |
| Café tostado molido               | 330                                    | 7                      |
| Café instantáneo                  | 330                                    | 2.5                    |
| Café (creamet)                    | 470                                    | 3                      |
| Maíz molido                       | 660                                    | 12                     |
| Almidón de maíz                   | 560                                    | 12                     |
| Huevo entero                      | 340                                    | 2-4                    |
| Gelatina molida                   | 680                                    | 12                     |
| Celulosa microcristalina          | 680                                    | 6                      |
| Leche                             | 610                                    | 2-4                    |
| Avena molida                      | 430                                    | 8                      |
| Cebolla en polvo                  | 510                                    | 1-4                    |
| Sal (granulada)                   | 960                                    | 0.2                    |
| Sal (en polvo)                    | 950                                    | 0.2                    |
| Proteína de soja (precipitada)    | 280                                    | 2-3                    |
| Azúcar (granulado)                | 800                                    | 0.5                    |
| Azúcar (en polvo)                 | 480                                    | 0.5                    |
| Harina de trigo                   | 480                                    | 12                     |
| Lactosuero                        | 560                                    | 4.5                    |

### 3.7.2 Densidad de producto sólido de alimentos e ingredientes particulados

| Producto            | Densidad de producto sólido kg/m <sup>3</sup> |
|---------------------|---|
| Celulosa            | 1270-1610                                     |
| Acido cítrico       | 1540  |
| Grasa               | 900-950                                       |
| Glucosa             | 1560  |
| Proteína (globular) | 1400  |
| Sal                 | 2160  |
| Almidón             | 1500  |
| Sacarosa            | 1590  |

Nota: Datos de Peleg.

### 3.8 Características físicas de alimentos en polvo

#### 3.8.1 Análisis por tamizado típico del azúcar granulado

| % retenido en cedazos Tyler     | % retenido en cedazos US | De grano medio | De grano fino | De grano extrafino | Pulverizado estándar | Fondant y para glaseado |
|---------------------------------|--------------------------|----------------|---------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| 10 mallas                       | 10 mallas                | 5.6            |               |                    |                      |                         |
| 14 mallas                       | 16 mallas                | 59.0           |               |                    |                      |                         |
| 20 mallas                       | 20 mallas                | 27.4           |               |                    |                      |                         |
| 28 mallas                       | 30 mallas                | 7.4            | 4.3           | 0.1                |                      |                         |
| 35 mallas                       | 40 mallas                | 0.4            | 74.5          | 13.8               |                      |                         |
| 48 mallas                       | 50 mallas                | —              | 18.6          | 40.2               |                      |                         |
| 80 mallas                       | 80 mallas                | —              | 2.3           | 40.6               |                      |                         |
| 100 mallas                      | 100 mallas               |                |               |                    | 0.3                  |                         |
| 150 mallas                      | 140 mallas               |                |               |                    | 1.8                  |                         |
| 200 mallas                      |                          |                |               |                    | 6.6                  |                         |
| 270 mallas                      |                          |                |               |                    | 8.2                  |                         |
| 325 mallas                      |                          |                |               |                    | 10.8                 |                         |
| Pasa a través del último cedazo |                          | 0.2            | 0.3           | 5.0                | 72.3                 | 99.0                    |

Nota: El grano extremadamente fino de los azúcares fondant y para glaseado hace inútil el análisis por tamizado utilizando los sistemas de cedazos ordinarios. El tamaño de partícula promedio de los azúcares fondant y para glaseado es del orden de 20 micrómetros.

### 3.8.2 Tamaños de partícula típicos de las mezclas para cakes

| Dimensiones                     | Harina para pasteles y cakes | Premezcla enriquecida para cakes* | Premezcla, pasteles y cakes de chocolate |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--|
| Micrómetros                     | % tamaño superior            | % tamaño superior                 | % tamaño superior                        |
| 2.0                             | -                            | -                                 | 98.2                                     |
| 2.5                             | 99.2                         | 98.9                              | 94.9                                     |
| 3.2                             | 97.5                         | 97.1                              | 90.0                                     |
| 4.0                             | 94.4                         | 93.7                              | 83.0                                     |
| 5.0                             | 89.6                         | 88.5                              | 74.7                                     |
| 6.4                             | 84.0                         | 83.3                              | 65.9                                     |
| 8.0                             | 78.8                         | 78.6                              | 58.5                                     |
| 10.1                            | 74.1                         | 73.8                              | 52.1                                     |
| 12.7                            | 66.0                         | 66.2                              | 44.5                                     |
| 16.0                            | 48.7                         | 51.6                              | 31.9                                     |
| 20.2                            | 27.4                         | 33.3                              | 15.9                                     |
| 25.4                            | 13.6                         | 20.7                              | 6.3                                      |
| 32.0                            | 9.2                          | 16.4                              | 1.8                                      |
| 40.3                            | 7.3                          | 13.2                              | -  |
| Tamaño de la partícula promedio | 15.8                         | 16.4                              | 10.5                                     |

\* Premezcla seca que contiene los ingredientes básicos y grasa.

### 3.8.3 Análisis por tamizado típico de una mezcla sazonzadora

| Componentes           | % en peso |
|-----------------------|-----------|
| Colorante             | 3         |
| Fijador del colorante | 6         |
| Coriandro             | 2         |
| Glucosa               | 8         |
| Bizcocho fino         | 9         |
| Jengibre              | 1         |
| Nuez moscada          | 3         |
| Pimienta              | 8         |
| Polifosfato           | 6         |
| Conservante           | 4         |
| Sal                   | 50        |
| + 10 mallas           | 0         |
| + 20 mallas           | 42 %      |
| + 40 mallas           | 34 %      |
| - 40 mallas           | 24 %      |



### 3.8.4 Evaluación de las propiedades de flujo de los alimentos en polvo

Uno de los métodos estándar de ensayo de las mezclas de partículas sólidas implica el cálculo del «cociente de Hausner», definido como la relación entre su densidad a granel sin aplicar ninguna maniobra compactadora y la densidad a granel tras compactar el polvo por golpeteo del recipiente que lo contiene. Representa un índice de su facilidad de flujo.

$$\text{Cociente de Hausner} = \frac{\text{Densidad a granel del producto compactado}}{\text{Densidad a granel sin compactar}} = \frac{\text{Volumen sin compactar}}{\text{Volumen del producto compactado}}$$

| <i>Cociente de Hausner</i> | <i>Tipo de flujo</i> |
|----------------------------|----------------------|
| 1.0-1.1                    | Libre                |
| 1.1-1.25                   | Intermedio           |
| 1.25-1.4                   | Difícil              |
| > 1.4                      | Muy difícil          |

Para determinar el volumen sin compactar se coloca el producto a ensayar en una probeta que, una vez tapada, se invierte varias veces, midiéndose el volumen y anotando el valor promedio.

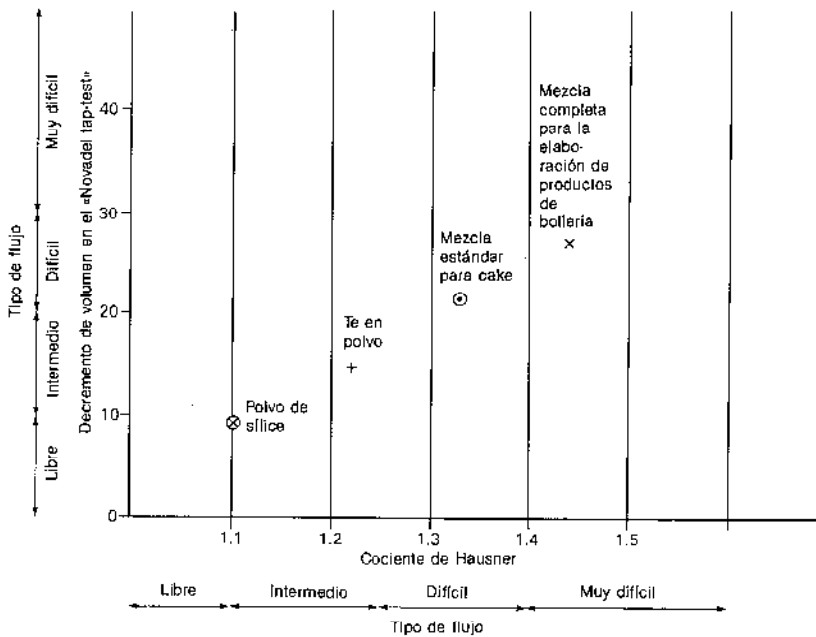
Una técnica similar utilizada para valorar las propiedades de flujo de los alimentos en polvo implica el cálculo del índice de fluencia utilizando el «Novadel Tap Test», para lo cual se coloca la probeta que contiene el producto sobre una «Englesman Tapping Machine» programada para dar 70 golpes. Terminada la operación, se expresa el decremento de volumen en tanto por ciento.

| <i>Decremento de volumen</i> | <i>Tipo de flujo</i>      |
|------------------------------|---------------------------|
| < 10 %                       | Flujo libre               |
| 10-20 %                      | Flujo intermedio-pegajoso |
| 20-35 %                      | Flujo difícil             |
| > 35 %                       | Flujo muy difícil         |

Una combinación gráfica de los dos métodos permite una estimación más fidedigna de las propiedades de flujo del polvo. En la página siguiente se ilustra esta técnica y se dan algunos cocientes de Hausner típicos.

*Comparación y combinación de los ensayos de las propiedades de flujo*

<http://avibert.blogspot.com>

*Cocientes típicos de Hausner y resultados del «Novadel Tap-Test»*

| Producto                                   | Densidad del producto compactado | Novadel Tap Test | Cociente de Hausner |
|--|----------------------------------|------------------|---------------------|
| Mezcla completa para productos de bollería | -                                | 27               | 1.43                |
| Fosfato cálcico                            | 1.0                              | 12.5             | 1.72                |
| Harina de soja desengrasada                | 0.487                            | 24               | 1.85                |
| Monoesterarato de glicerol                 | 0.551                            | 21               | 1.67                |
| Oxido de magnesio                          | 2.041                            | 12               | 1.2                 |
| Harina malteada                            | 0.656                            | 20               | 1.33                |
| Metilcelulosa                              | 0.546                            | 9                | 1.18                |
| Peróxido de benzoilo                       | 1.436                            | 11               | 1.51                |
| Té en polvo                                | 0.732                            | 14               | 1.22                |
| Mezcla estándar para cake                  | -                                | 22               | 1.33                |
| Polvo de sílice (control)                  | -                                | 9                | 1.10                |
| Preparado de vitamina C                    | 0.766                            | 12               | 1.15                |
| Preparado vitamínico (riboflavina)         | 0.654                            | 20               | 1.35                |

### 3.9 Resistencia y propiedades mecánicas de los alimentos

#### 3.9.1 Dureza de partícula

La dureza de partícula de un producto ofrece un interés considerable en relación con su abrasividad potencial y su mayor o menor facilidad de desintegración. Ningún método de valoración conocido es universalmente aplicable a todos los productos brutos. En 1822 Mohs estableció la escala de durezas relativas que a continuación se cita y que, aunque sea puramente cualitativa, es ampliamente usada para comparar la dureza de minerales y rocas. Se dispone sólo de una información muy limitada con respecto a la dureza de alimentos particulados, como cereales, nueces, toffee y caramelos.

##### *Escala de dureza de Mohs*

|     |                              |     |                   |
|-----|------------------------------|-----|-------------------|
| 1.0 | Talco                        | 6.0 | Feldespató        |
| 2.0 | Yeso                         | 6.0 | Arena             |
| 2.5 | Uña                          | 7.0 | Cuarzo            |
| 3.0 | Calcita                      | 7.0 | Arena de sílice   |
| 3.0 | Monedas de cobre             | 7.5 | Zirconio          |
|     | Piedra caliza                | 8.0 | Topacio           |
|     | Bauxita                      | 8.5 | Crisoberilo       |
| 4.0 | Fluorita                     | 9.0 | Zafiro            |
| 4.0 | Piedra para fabricar cemento | 9.0 | Oxido de aluminio |
|     | Tabletas de taconita         | 9.5 | Carborundo        |
| 5.0 | Aspartito                    | 10  | Diamante          |
| 5.5 | Hoja de cuchillo             |     |                   |
| 6.0 | Ortoclasa                    |     |                   |

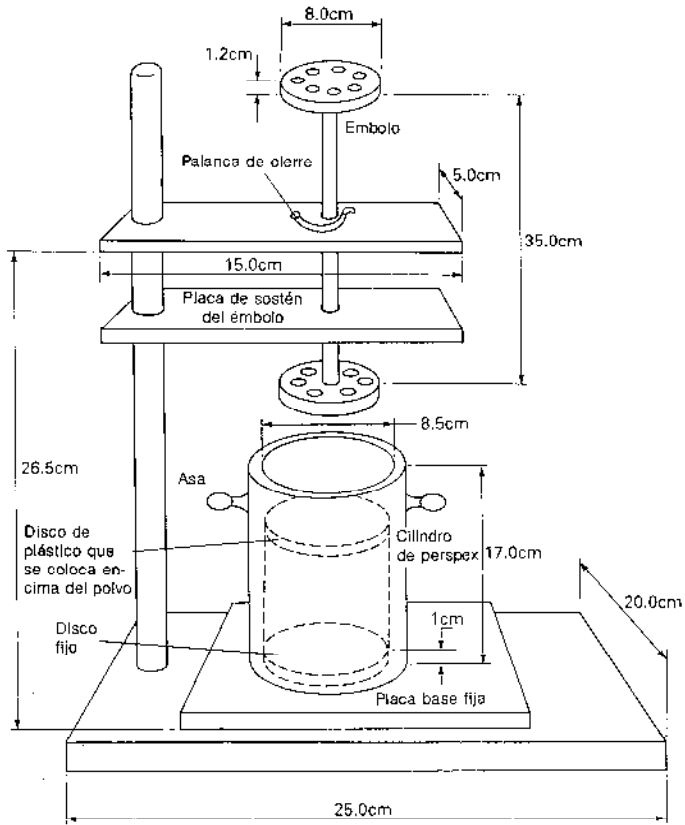
#### 3.9.2 Determinación de la cohesión de un producto en polvo

La función de flujo de un alimento pulverulento cohesivo puede determinarse mediante la técnica UCT, desarrollada en la Universidad de Bradford por Williams, Birks y Bhattacharya, en la que primero se compacta el polvo en un molde cilíndrico y luego se colapsa el cilindro de polvo compactado, mediante la aplicación de un esfuerzo de magnitud creciente colocándole encima una serie de pesos.

Utilizando esta técnica y una carga de compactación estándar de 10 kg, se observa que entre las propiedades de flujo y  $w$  se dan las siguientes relaciones:

|                           |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Buen flujo                | $w < 1 \text{ kg}$                |
| Flujo moderadamente bueno | $1 \text{ kg} < w < 2 \text{ kg}$ |
| Cohesivo                  | $2 \text{ kg} < w < 5 \text{ kg}$ |
| Muy cohesivo              | $5 \text{ kg} < w$                |

donde  $w$  es el peso total que determina el colapso del cilindro compactado.



### *Aparato UCT*

En las determinaciones rutinarias para el control de calidad, las propiedades de flujo se determinan sólo a partir del peso que produce la desintegración del cilindro compactado.

*Resultados típicos obtenidos utilizando el equipo UCT (mezcla para cake)*

| Carga de compactación |                   | Desintegración    |
|-----------------------|-------------------|-------------------|
| kg                    | kN/m <sup>2</sup> | kN/m <sup>2</sup> |
| 0.91                  | 2.37              | 0.849             |
| 1.36                  | 3.13              | 0.849             |
| 1.82                  | 3.89              | 1.041             |
| 2.27                  | 4.65              | 1.231             |
| 2.72                  | 5.41              | 1.611             |
| 3.18                  | 6.17              | 1.801             |
| 3.63                  | 6.93              | 1.801             |
| 4.09                  | 7.69              | 2.374             |
| 4.54                  | 8.45              | 2.561             |

### 3.9.3 Determinación de las propiedades mecánicas de los alimentos

Son numerosas las publicaciones en las que se describe la instrumentación utilizada para cuantificar aquellas propiedades mecánicas de los alimentos que están relacionadas con sus características reológicas y texturales. La tendencia actual es hacia la utilización de una máquina universal de ensayos, como la Instron, para impulsar el mecanismo, junto con elementos sensores, de lectura y registro; se dispone de una amplia gama de sondas y dispositivos que permiten su empleo para casi cualquier determinación de este tipo en los alimentos.

*Características básicas de los instrumentos para la determinación de propiedades texturales*

#### *Elementos básicos*

|                    |   |
|--------------------|---|
| Sonda              | Embolo plano; elemento de punción; mandíbula mecánica; cono de penetración; cuchilla; sierra; mordazas de tracción; elemento extrusor; celdilla zizallante. |
| Impulsión          | Sistema hidráulico; motor eléctrico de potencia variable.   |
| Sensor             | Medidor de deformación; célula de carga.  |
| Sistema de lectura | Osciloscopio; registrador X-Y; microprocesador.   |

*Clasificación de los instrumentos para la medida de propiedades texturales de acuerdo con la variable que determinan*

| Método              | Variable medida | Unidades (dimensionales)        | Ejemplos                        |
|---------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Medida de fuerza    | Fuerza (F)      | ML/T <sup>2</sup>               | Tenderómetro                    |
| Medida de distancia | Distancia       | L                               | Penetrómetro                    |
|                     | Area            | L <sup>2</sup>                  | Consistómetro                   |
|                     | Volumen         | L <sup>3</sup>                  | Desplazamiento de semillas      |
| Medida de tiempo    | Tiempo          | T                               | Viscosímetro de Oswald          |
| Medida de energía   | Trabajo (F × L) | ML <sup>2</sup> /T <sup>2</sup> | Farinógrafo                     |
| Medida de cocientes | F, L o T        | ninguna                         | Valoración de la cohesión       |
| Múltiples medidas   | F, L y T        | ML/T <sup>2</sup>               | Texturómetro                    |
|                     | F × L           |                                 |                                 |
| Múltiples variables | F, L o T        | —                               | Durómetro                       |
| Análisis químico    | Concentración   | %; ppm                          | Contenido en sólidos insolubles |

### 3.10 Propiedades físicas y químicas de grasas, aceites y productos lácteos

#### 3.10.1 Composición y características analíticas de los productos grasos de los Estados Unidos

|                                 | Grasas plásticas de uso doméstico |   | Grasas plásticas industriales |   | Aceite para ensaladas |
|---------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------------|---|-----------------------|
|                                 | Grasa vegetal                     | Mezcla de grasas de mamíferos y vegetales | Grasa vegetal                 | Mezcla de grasas de mamíferos y vegetales | Aceite de algodón     |
| Composición %                   |                                   |   |                               |   |                       |
| Acido oleico                    | 53-75                             | 37-57                                     | 40-65                         | 42-79                                     | 17-36                 |
| Acido linoleico                 | 3-74                              | 6-13                                      | 3-13                          | 3-13                                      | 42-55                 |
| Acido linoléico                 | 0-0.5                             | 0-0.6                                     | 0-0.7                         | 0-0.8                                     | 0-0.7                 |
| Acido araquidónico              | 0                                 | 0-0.5                                     | 0                             | 0-0.5                                     | 0                     |
| Acidos saturados totales        | 16-31                             | 30-50                                     | 15-40                         | 28-40                                     | 18-30                 |
| Características analíticas      |                                   |   |                               |   |                       |
| Índice de yodo                  | 70-81                             | 57-74                                     | 65-90                         | 55-67                                     | 107-117               |
| Punto de fusión °C              | 42-52                             | 45-54                                     | 39-51                         | 43-51                                     | -                     |
| Índice de sólidos a 21.1 °C     | 15-30                             | 16-28                                     | 16-26                         | 19-30                                     | -                     |
| Índice de sólidos a 32.2 °C     | 10-20                             | 10-22                                     | 7-21                          | 7-21                                      | -                     |
|                                 | Grasa de vacuno                   | Grasa de leche anhidra                    | Manteca de coco               | Aceite de coco                            |                       |
| Composición %                   |                                   |   |                               |   |                       |
| Acido oleico                    | 35-45                             | 30-32                                     | 34-38                         | 6-9                                       |                       |
| Acido linoleico                 | 0.5-3                             | 1-2.5                                     | 3-3.5                         | 1-4                                       |                       |
| Acido linoléico                 | 0.2-0.6                           | 0.2-0.5                                   | 0.1-0.2                       | 0-0.1                                     |                       |
| Acido araquidónico              | 0.05-0.2                          | 0.2-0.4                                   | -                             | -   |                       |
| Acidos grasos saturados totales | 45-58                             | 63-68                                     | 57-61                         | 86-91                                     |                       |
| Características analíticas      |                                   |   |                               |   |                       |
| Índice de yodo                  | 38-44                             | 30-40                                     | 37-44                         | 8-15                                      |                       |
| Punto de fusión °C              | 46.5-49.5                         | 36-38                                     | 30-35                         | 26-28                                     |                       |
| Índice de sólidos a 21.1 °C     | 23-30                             | 11-13                                     | 47-49                         | 19-27                                     |                       |
| Índice de sólidos a 32.2 °C     | 18-24                             | 2.5-4                                     | 0                             | 0   |                       |

(continúa)

*(continuación)*

|                                    | Aceite de<br>maíz      | Aceite de semillas<br>de algodón | Manteca de<br>cerdo   | Aceite de<br>oliva                |                    |                      |
|------------------------------------|------------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Composición %</b>               |                        |                                  |                       |                                   |                    |                      |
| Acido oleico                       | 25-37                  | 17-37                            | 47-83                 | 62-83                             |                    |                      |
| Acido linoleico                    | 50-56                  | 44-55                            | 7-13                  | 8-15                              |                    |                      |
| Acido linolénico                   | 0.1-0.7                | 0-0.6                            | 0.2-1.4               | 0.5-0.7                           |                    |                      |
| Acido araquidónico                 | -                      | -                                | 0.2-0.4               | -                                 |                    |                      |
| Acidos grasos<br>saturados totales | 9-15                   | 17-31                            | 29-37                 | 9-22                              |                    |                      |
| <b>Características analíticas</b>  |                        |                                  |                       |                                   |                    |                      |
| Indice de iodo                     | 122-125                | 103-112                          | 63-69                 | 76-88                             |                    |                      |
| Punto de fusión °C                 | -                      | -                                | 37-44                 | -                                 |                    |                      |
| Indice de sólidos a 21.1 °C        | -                      | -                                | 17-21                 | -                                 |                    |                      |
| Indice de sólidos a 32.2 °C        | -                      | -                                | 4-6                   | -                                 |                    |                      |
|                                    | Aceite de<br>cacahuete | Aceite de<br>soja                | Aceite de<br>de palma | Aceite de<br>almendra<br>de palma | Aceite de<br>colza | Aceite de<br>cártamo |
| <b>Composición %</b>               |                        |                                  |                       |                                   |                    |                      |
| Acido oleico                       | 30-58                  | 16-47                            | 34-56                 | 14                                | 59-62              | 10-23                |
| Acido linoleico                    | 21-37                  | 39-53                            | 10-11                 | 2-3                               | 15                 | 69-78                |
| Acido linolénico                   | 0-0.5                  | 4-9                              | 0.1-0.4               | -                                 | 9-10               | 0.2                  |
| Acido araquidónico                 | -                      | -                                | -                     | -                                 | -                  | -                    |
| Acidos grasos<br>saturados totales | 16-26                  | 5-24                             | 34-50                 | 84                                | 14-16              | 5-13                 |
| <b>Características analíticas</b>  |                        |                                  |                       |                                   |                    |                      |
| Indice de iodo                     | 90-99                  | 125-130                          | 51-58                 | 16-18                             | 103-109            | 141-150              |
| Punto de fusión °C                 | -                      | -                                | 39.5-40.5             | 29-30                             | -                  | -                    |
| Indice de sólidos a 21.1 °C        | -                      | -                                | 11-11                 | 31-33                             | -                  | -                    |
| Indice de sólidos a 32.2 °C        | -                      | -                                | 6-8                   | -                                 | -                  | -                    |



## 3.10.2 Composición en ácidos grasos de las grasas y aceites más comunes

| Acido; nombre común                  | Notac. ordin. en CG | Babassu | Grasa de leche anhidra | Mante-ca de cacao | Coco    | Maíz    | Semilla de algodón | Man-teca de cerdo |
|--------------------------------------|---------------------|---------|------------------------|-------------------|---------|---------|--------------------|-------------------|
| Caprílico                            | C8.0                | 7       | 1.5                    | -                 | 8       | -       | -                  | -                 |
| Cáprico                              | C10.0               | 5       | 3                      | -                 | 7       | -       | 0.1                | -                 |
| Láurico                              | C12.0               | 45      | 4                      | -                 | 48.2    | -       | 0.1                | 0.1               |
| Mirístico                            | C14.0               | 15      | 12                     | 0.5               | 18      | 0.2     | 0.9                | 1                 |
| Palmitico                            | C16.0               | 9       | 25                     | 25                | 8.5     | 12      | 23.5               | 23                |
| Estearico                            | C18.0               | 3       | 9                      | 35                | 2.3     | 2.2     | 2.5                | 9                 |
| Oleico                               | C18.1               | 13      | -                      | 37.5              | 6       | 27      | 18                 | 46                |
| Linoleico                            | C18.2               | 2       | -                      | 2                 | 2       | 57      | 54                 | 14                |
| Araquídico                           | C20.0               | 0.1     | 1                      | -                 | -       | 0.3     | 0.3                | 0.2               |
| Linoléico                            | C18.3               | -       | -                      | -                 | -       | -       | -                  | -                 |
| Gadoleico                            | C20.1               | -       | -                      | -                 | 1       | 0.3     | 1                  | -                 |
| Behénico                             | C22.0               | -       | -                      | -                 | -       | -       | -                  | Tr                |
| Lignocérico                          | C24.0               | -       | -                      | -                 | -       | -       | -                  | -                 |
| Índice de yodo típico                |                     | 16      | 30                     | 40                | 9       | 125     | 110                | 73                |
| Índice de yodo, intervalo            |                     | 15-19   | 25-35                  | 35-43             | 8-12    | 120-128 | 105-116            | 65-80             |
| Índice de saponificación (intervalo) |                     | 247-250 | 216-240                | 190-200           | 254-262 | 189-193 | 189-198            | 190-              |
| Punto de fusión de Wiley °C          |                     | 26      | 28-35                  | 26-37             | 24.5    | -       | -                  | 31-43             |

| Acido nombre común                   | Aceite de palma | Aceite de almendra de palma | Aceite de cacahuete | Aceite de colza | Aceite de salvado de arroz | Aceite de soja | Aceite de girasol |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------|-----------------|----------------------------|----------------|-------------------|
| Caprílico                            | -               | 4                           | -                   | -               | -                          | -              | -                 |
| Cáprico                              | -               | 4                           | -                   | -               | -                          | -              | -                 |
| Láurico                              | -               | 50                          | 0.2                 | -               | -                          | -              | -                 |
| Mirístico                            | 1               | 16                          | 0.1                 | -               | 0.5                        | -              | -                 |
| Palmitico                            | 46              | 8                           | 11                  | 3               | 17                         | 11             | 8                 |
| Estearico                            | 4               | 2.5                         | 3                   | 1.5             | 2.5                        | 4              | 3                 |
| Oleico                               | 37              | 12                          | 46                  | 32              | 46                         | 25             | 20                |
| Linoleico                            | 10              | 3                           | 31                  | 19              | 32                         | 50             | 67.8              |
| Araquídico                           | 0.4             | 0.1                         | 1.5                 | -               | 0.5                        | 0.4            | 0.5               |
| Linoléico                            | 0.3             | 0.1                         | -                   | 10              | -                          | -              | -                 |
| Gadoleico                            | -               | -                           | -                   | -               | -                          | -              | -                 |
| Behénico                             | -               | -                           | 3.3                 | 0.5             | -                          | 0.3            | 0.2               |
| Lignocérico                          | -               | -                           | 1.3                 | -               | -                          | -              | -                 |
| Índice de yodo típico                | 50              | 17                          | 100                 | 101             | 145                        | 130            | 40                |
| Índice de yodo intervalo             | 45-55           | 16-20                       | 90-110              | 95-108          | 135-150                    | 125-140        | 35-45             |
| Índice de saponificación (intervalo) | 196-200         | 244-255                     | 170-180             | 183-194         | 188-192                    | 188-194        | 196-200           |
| Punto de fusión de Wiley °C          | 40-43           | 26.5                        | -                   | -               | -                          | -              | -                 |

## 3.10.3 Compendio de las propiedades físicas y químicas de grasas y aceites

| Grasa o aceite        | Punto de fusión °C | Peso específico*    | Índice de refracción | Índice de iodo | Índice de saponificación |
|-----------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------|--------------------------|
| Animales terrestres   |                    |                     |                      |                |                          |
| Grasa de leche        | 32.2               | 0.911 <sub>40</sub> | 1.4548               | 36.1           | 227                      |
| Manteca de cerdo      | [30.5]             | 0.919 <sub>15</sub> | 1.4615               | 58.6           | 198.5                    |
| Sebo de vacuno        | 49.5               | -                   | -                    | -              | 197                      |
| Sebo de ovino         | [42.0]             | 0.945 <sub>25</sub> | 1.4565               | 40             | 194                      |
| Animales marinos      |                    |                     |                      |                |                          |
| Ac. de hí. de bacalao | -                  | 0.925 <sub>25</sub> | 1.481 <sub>25</sub>  | 165            | 186                      |
| Aceite de arenque     | -                  | 0.900 <sub>60</sub> | 1.4610 <sub>60</sub> | 140            | 192                      |
| Aceite de lacha       | -                  | 0.903 <sub>60</sub> | 1.4645 <sub>60</sub> | 170            | 191                      |
| Aceite de sardina     | -                  | 0.905 <sub>60</sub> | 1.4660 <sub>60</sub> | 185            | 193                      |
| Ac. cachalote, cuerpo | -                  | -                   | -                    | 76-88          | 122-130                  |
| Ac. cachalote, cabeza | -                  | -                   | -                    | 70             | 140-144                  |
| Aceite de ballena     | -                  | 0.892 <sub>60</sub> | 1.460 <sub>60</sub>  | 120            | 195                      |
| Vegetales             |                    |                     |                      |                |                          |
| Aceite de babassu     | 22-26              | 0.893 <sub>60</sub> | 1.443 <sub>60</sub>  | 15.5           | 247                      |
| Aceite de ricino      | [-18]              | 0.961 <sub>15</sub> | 1.4770               | 85.5           | 180.3                    |
| Manteca de cacao      | 34.1               | 0.964 <sub>15</sub> | 1.4568               | 36.5           | 195                      |
| Aceite de coco        | 25.1               | 0.924 <sub>15</sub> | 1.4493               | 10.4           | 257                      |
| Aceite de maíz        | [-20]              | 0.922 <sub>15</sub> | 1.4734               | 122.6          | 190                      |
| Ac. de se. de algodón | [-1.0]             | 0.917 <sub>25</sub> | 1.4735               | 105.7          | 194.3                    |
| Aceite de oliva       | [-6.0]             | 0.918 <sub>15</sub> | 1.4679               | 81.1           | 192                      |
| Aceite de palma       | 35.0               | 0.915 <sub>15</sub> | 1.4578               | 54.2           | 199.1                    |
| Ac. de alm. de palma  | 24.1               | 0.923 <sub>15</sub> | 1.4569               | 37.0           | 250                      |
| Aceite de cacahuete   | [3.0]              | 0.914 <sub>15</sub> | 1.4691               | 93.4           | 192.1                    |
| Aceite de colza       | [-10]              | 0.915 <sub>15</sub> | 1.4706               | 98.6           | 174.7                    |
| Aceite de cártamo     | -                  | 0.900 <sub>60</sub> | 1.462 <sub>60</sub>  | 145            | 192                      |
| Aceite de soja        | [-16]              | 0.927 <sub>15</sub> | 1.4729               | 130            | 190.6                    |
| Aceite de girasol     | [-17.0]            | 0.923 <sub>15</sub> | 1.4694               | 125.5          | 188.7                    |
| Ac. de germ. de trigo | -                  | 0.929 <sub>25</sub> | 1.4745               | 125            | 174.5                    |

\* Peso específico, a la temperatura indicada por el subíndice.

**3.10.4 Viscosidad de grasas y aceites**

| Aceite             | Peso específico | Viscosidad cinemática 37.8 °C | Viscosidad cinemática 99 °C | Viscosidad de Saybolt 37.8 °C | Viscosidad de Saybolt 99 °C |
|--------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Almendra           | 0.9188          | 43.20                         | 8.74                        | 201                           | 54.0                        |
| Oliva              | 0.9158          | 46.68                         | 9.09                        | 216                           | 55.2                        |
| Semilla de colza   | 0.9114          | 50.64                         | 10.32                       | 234                           | 59.4                        |
| Mostaza            | 0.9237          | 45.13                         | 9.46                        | 209                           | 56.9                        |
| Semilla de algodón | 0.9187          | 35.88                         | 8.39                        | 181                           | 52.7                        |
| Soja               | 0.9228          | 28.49                         | 7.60                        | 134                           | 50.1                        |
| Girasol            | 0.9207          | 33.31                         | 7.68                        | 156                           | 50.3                        |
| Coco               | 0.9226          | 29.79                         | 6.06                        | 140                           | 45.2                        |
| Almendra de palma  | 0.9190          | 30.92                         | 6.50                        | 145                           | 46.5                        |
| Manteca de cerdo   | 0.9138          | 44.41                         | 8.81                        | 206                           | 54.2                        |
| Sardina            | 0.9384          | 27.86                         | 7.06                        | 131                           | 48.3                        |
| Hígado de bacalao  | 0.9138          | 32.79                         | 7.80                        | 153                           | 50.7                        |

**3.10.5 Punto de solidificación de las grasas y aceites más comunes**

| Grasa o aceite               | Punto de solidificación °C | Grasa o aceite              | Punto de solidificación °C |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Aceite de babassu            | 22-23                      | Aceite de almendra de palma | 20-28                      |
| Manteca de Borneo            | 51-53                      | Aceite de cacahuete         | 26-32                      |
| Grasa de leche anhidra       | 33-38                      | Aceite de colza             | 11-15                      |
| Manteca de cacao             | 45-50                      | Aceite de salvado de arroz  | 26-28                      |
| Aceite de coco               | 20-24                      | Aceite de cártamo           | 15-18                      |
| Aceite de hígado de bacalao  | 18-24                      | Aceite de sardina           | 27-28                      |
| Aceite de maíz               | 14-20                      | Aceite de sésamo            | 20-25                      |
| Aceite de semilla de algodón | 30-37                      | Aceite de soja              | 21-23                      |
| Aceite de semilla de cáñamo  | 14-17                      | Aceite de cachalote         | 8-14                       |
| Grasa de caballo             | 34-38                      | Aceite de girasol           | 16-20                      |
| Aceite de kapok              | 27-32                      | Sebo de vacuno              | 40-47                      |
| Manteca de cerdo             | 32-43                      | Sebo de ovino               | 43-48                      |
| Aceite de semilla de lino    | 19-21                      | Aceite de semilla de te     | 13-18                      |
| Aceite de mostaza negra      | 6-8                        | Aceite de madera            | 36-37                      |
| Aceite de mostaza blanca     | 8-10                       | Aceite de nueces            | 14-16                      |
| Aceite de oliva              | 17-26                      | Aceite de ballena           | 22-24                      |
| Aceite de palma              | 40-47                      | Grasa de lana               | 38-40                      |

De: Mahlenbacker, C. V. The Analysis of Fats and Oils, Garrard Press, Champaign, Illinois.

### 3.10.6 Punto de humo de inflamabilidad y de ignición de grasas y aceites

Los puntos de humo de inflamabilidad e ignición de las grasas y aceites constituyen una medida de su estabilidad térmica durante su calentamiento al aire.

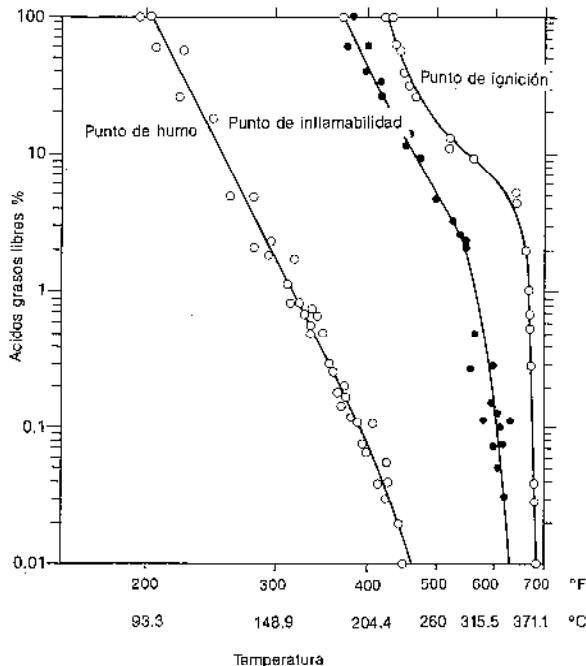
El punto de humo es la temperatura más baja a la que se detecta humo, cuando la prueba se lleva a efecto en un aparato estándar (B.S.I. 19776b; métodos oficiales de la AOCS 1973c), con iluminación especial. La temperatura a la que se produce humo libremente suele ser varios grados más elevada que aquella a la que el humo se detecta con este aparato.

El punto de inflamabilidad es la temperatura a la que se desprenden volátiles en la velocidad suficiente para que sean capaces de incendiarse pero no de mantener la combustión. La prueba se lleva a efecto en una copa cerrada de «Pensky-Martens» (AOC, método oficial, 1973d).

El punto de ignición es la temperatura a la que la producción de volátiles es suficientemente rápida como para sostener una combustión continua.

Dado que los ácidos grasos, los monoglicéridos y los diglicéridos son menos estables que los triglicéridos, el punto de humo de los aceites depende considerablemente de la riqueza en aquellos compuestos. La figura que se incluye en este apartado ilustra las relaciones que existen entre los puntos de humo, inflamabilidad e ignición y la riqueza en ácidos grasos libres de las grasas y aceites.

*Relación entre los puntos de humo, inflamabilidad e ignición y la riqueza de las grasas y aceites en ácidos grasos libres*



**3.10.7 Composición de la mantequilla y productos similares**

| Producto                              | Grasa % | H <sub>2</sub> O % | Sal % | Cuajada % |
|---------------------------------------|---------|--------------------|-------|-----------|
| Mezcla de mantequilla y grasa vegetal | 82.5    | 15.0               | 1.5   | 1.0       |
| Mantequilla fundida                   | 99.0    | 1.0                | -     | -         |
| Grasa de leche deshidratada           | 99.9    | 0.1                | -     | -         |
| Margarina                             | 80.5    | 15.4               | 2.4   | 1.65      |
| Mantequilla salada                    | 80.5    | 15.8               | 2.4   | 0.9       |
| Mantequilla sin sal                   | 81.0    | 18.05              | -     | 0.95      |

De: Arbuckle, W S 1973, Dairy Products in Quality Control for the Food Industry, vol 2, 3<sup>a</sup> Edic., A. Kramer y B. A. Twigg (Editores), AVI Publishing Co Westport, Conn.

**3.10.8 Formulación de mezclas de grasas típicas de las margarinas**

| Margarina para pastelería       | %  | Margarina rica en ácidos grasos esenciales | %  |
|---------------------------------|----|--|----|
| Premier jus                     | 25 | Aceite de coco                             | 30 |
| Aceite de palma hidrogenado     | 25 | Aceite de palma                            | 10 |
| Aceite de cacahuete hidrogenado | 10 | Aceite de almendra de palma                | 15 |
| Aceites líquidos                | 40 | Aceite de palma hidrogenado                | 10 |
|                                 |    | Aceite de girasol hidrogenado              | 35 |

| Margarina rica en ácidos grasos poliinsaturados | %  | Margarina interesterificada           | %  |
|---|----|---------------------------------------|----|
| Aceite de girasol                               | 88 | Aceite de girasol                     | 20 |
| Aceite de almendra de palma hidrogenado         | 6  | Aceite de girasol hidrogenado (33 °C) | 40 |
| Aceite de palma hidrogenado                     | 6  | Aceite de girasol hidrogenado (42 °C) | 20 |
|   |    | Aceite de girasol                     | 20 |

De: Stuyvenberg J. H., Margarine 1969, Liverpool University Press, UK.

**3.10.9 Composición y propiedades físicas de la leche**

| Propiedad                     | Intervalo de valores     |
|-------------------------------|--------------------------|
| Acidez                        | 0.16±0.02                |
| Punto de ebullición °C        | 100.17                   |
| Conductividad eléctrica (mho) | 45-48 × 10 <sup>-4</sup> |
| Punto de congelación °C       | -0.55                    |
| pH                            | 6.6 ± 0.2                |
| Peso específico               | 1.032±0.004              |
| Calor específico a 0 °C       | 3.852 kJ/kg °C           |
| Calor específico a 15 °C      | 3.927 kJ/kg °C           |
| Calor específico a 40 °C      | 3.894 kJ/kg °C           |
| Tensión superficial (dinas)   | 55.3                     |
| Viscosidad (centipoises)      | 1.6314                   |

| Componente            | De vaca | Humana | De cabra | De oveja |
|-----------------------|---------|--------|----------|----------|
| Proteínas del suero % | 0.5     | 0.7    | 0.7      | 1.3      |
| Cenizas %             | 0.7     | 0.21   | 0.73     | 0.93     |
| Caseína %             | 2.9     | 0.9    | 2.8      | 3.6      |
| Grasa %               | 4.0     | 3.7    | 4.25     | 7.92     |
| Lactosa %             | 4.9     | 7.0    | 4.2      | 4.8      |
| Proteína total        | 3.5     | 1.6    | 3.52     | 5.2      |
| Peso específico       | 1.032   | 1.029  | 1.035    | 1.034    |
| Sólidos totales %     | 13.1    | 12.5   | 13.0     | 19.29    |

Adaptada de Arbuckle W. S. Dairy Products, Quality Control for the Food Industry.

## 3.10.10 Composición de los productos lácteos

| Producto   | Proteína | Minerales | Lactosa | Grasa |
|--|----------|-----------|---------|-------|
| Mantequilla                                      | 0.6      | 0.2       | 0.4     | 80.5  |
| Caseína (comercial)                              | 88.5     | 3.8       | -       | 0.2   |
| Queso «cottage»                                  | 19.2     | 1.7       | 4.3     | 0.8   |
| Queso (graso, todos los tipos)                   | 24.5     | 3.4       | 1.8     | 32.0  |
| Queso (parcialmente desengrasado)                | 39.0     | 5.4       | 2.8     | 15.0  |
| Leche condensada                                 | 7.5      | 1.5       | 10.5    | 8.5   |
| Mazada condensada                                | 10.6     | 3.3       | 13.0    | 2.0   |
| Leche desnatada condensada                       | 11.0     | 2.6       | 13.5    | 0.2   |
| Nata   | 2.9      | 0.6       | 4.0     | 20.0  |
| Bebidas con mazada fermentada y chocolate        | 3.5      | 0.7       | 4.6     | 2.0   |
| Mazada deshidratada                              | 32.0     | 10.0      | 46.0    | 5.0   |
| Sólidos de mazada deshidratada                   | 34.0     | 8.0       | 48.0    | 5.8   |
| Nata deshidratada                                | 13.4     | 2.9       | 18.0    | 65.0  |
| Helado deshidratado                              | 10.5     | 2.3       | 15.0    | 27.0  |
| Leche desnatada en polvo                         | 35.0     | 8.2       | 51.0    | 0.8   |
| Suero en polvo                                   | 13.0     | 9.5       | 71.0    | 0.5   |
| Sólidos de suero en polvo                        | 13.0     | 8.0       | 73.0    | 1.0   |
| Leche entera en polvo                            | 26.5     | 6.0       | 38.5    | 26.75 |
| Leche evaporada                                  | 7.0      | 1.5       | 9.9     | 7.9   |
| Helados y mezclas para helados                   | 3.8      | 0.9       | 5.3     | 12.0  |
| Lactosa  | 0        | 0         | 99.5    | 0     |
| Leche líquida desnatada                          | 3.3      | 0.8       | 4.8     | 0.06  |
| Suero de quesería                                | 0.8      | 0.6       | 4.5     | 0.05  |
| Leche malteada                                   | 7.3      | 1.6       | 9.9     | 8.25  |
| Sólidos de leche desnatada en polvo              | 36.9     | 8.15      | 50.75   | 0.88  |
| Sólidos de leche parcialmente desnatada en polvo | 31.2     | 7.0       | 45.3    | 13.8  |
| Mazada semi-sólida                               | 10.6     | 3.3       | 13.0    | 2.0   |
| Leche desnatada condensada no edulcorada         | 7.3      | 1.6       | 10.8    | 0.3   |
| Leche desnatada condensada edulcorada            | 8.8      | 2.0       | 12.7    | 0.5   |
| Leche entera                                     | 3.3      | 0.7       | 4.5     | 3.75  |

De: Cook H. L. y Day G. H., The Dry Milk Industry, American Dry Milk Institute, Chicago 1967.

### 3.11 Datos dilatométricos de contenido en sólidos y de análisis por RMN de grasas y aceites

La dilatometría es la técnica por la que se determinan los cambios en densidad o volumen que se dan cuando se modifica la temperatura, para lo que se utiliza un instrumento conocido con el nombre de dilatómetro. Constituye uno de los pocos métodos directos utilizados en la práctica para valorar y controlar el intervalo plástico y la consistencia de las mezclas comerciales de grasas y aceites.

Las grasas y aceites solidificados están formados con frecuencia por una mezcla de productos en estado sólido y en estado líquido, por lo que su densidad no es la correspondiente a las grasas sólidas o a los aceites líquidos. La densidad de una mezcla comercial de grasas depende considerablemente de las proporciones relativas de ambas fases; proporciones que pueden cambiar rápidamente con la temperatura.

Durante los últimos años, las técnicas dilatométricas han sido sustituidas para el control rutinario del porcentaje de grasa en estado sólido por las de pulsos de RMN; sin embargo, la relación entre las medidas dilatométricas y el contenido en sólidos determinado por técnicas de RMN no es lineal.

#### *Conversión del contenido en sólidos determinado por RMN en valores dilatométricos*

Contenido en sólidos determinado por RMN, usando un «Bruker Minispec Pc 20». Dilataciones determinadas de acuerdo con el British Standard Method.

Factores de conversión para productos grasos con puntos de deslizamiento de:

| Temperatura °C | Hasta 35 °C | De 35 a 45 °C | de 46 a 55 °C |
|----------------|-------------|---------------|---------------|
| 0              | 16.7        | 17.4          | 18.5          |
| 20             | 20.9        | 20.9          | 21.1          |
| 25             | 22.7        | 23.1          | 22.0          |
| 30             | 24.6        | 25.6          | 24.1          |
| 35             | 27.0        | 29.6          | 26.1          |
| 40             | -           | 34.4          | 30.2          |
| 45             | -           | 43.4          | 36.5          |
| 50             | -           | -             | 44.7          |

Nota: Los factores de conversión que figuran en la tabla precedente representan el valor por el cual un 1 % de sólidos determinado por el método de RMN se transforma en dilatación (a T °C). Punto de deslizamiento es la temperatura a la que una muestra solidificada, colocada en un tubo abierto introducido en agua, se ablanda lo suficiente para elevarse por flotación.

La conversión en dilataciones se efectúa así:

$$@ 0 \text{ °C } \quad 50 \times 17,4 = 870$$

$$@ 20 \text{ °C } \quad 35 \times 20,9 = 731$$

Por tanto, a 0 °C D = 870 y a 20 °C D = 731.



*Conversión del índice de grasas en estado sólido (SFI) en unidades de dilatación*

Aunque no exista una relación clara y directa entre el índice de grasa sólida SFI, y unidades de dilatación, se puede emplear como guía aproximada la siguiente técnica de conversión:

- 1 SFI = 25 unidades de dilatación (hasta 30 °C)  
 1 SFI = 18-20 unidades de dilatación (por encima de 30 °C)

**3.12 Densidad y peso específico de las disoluciones acuosas***Cambios del peso específico del ácido fosfórico con la temperatura y la concentración*

| °C | 2%     | 6%     | 14%    | 20%    | 26%    | 35%   | 50%   | 75%   | 100% |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|
| 0  | 1.0113 | 1.0339 | 1.0811 | 1.1192 | -      | -     | -     | -     | -    |
| 10 | 1.0109 | 1.0330 | 1.0792 | 1.1167 | 1.1567 | 1.341 | 1.341 | -     | -    |
| 20 | 1.0092 | 1.0309 | 1.0764 | 1.1134 | 1.1529 | 1.216 | 1.335 | 1.579 | 1.9  |
| 30 | 1.0065 | 1.0279 | 1.0728 | 1.1094 | 1.1484 | 1.211 | 1.329 | 1.572 | 1.9  |
| 40 | 1.0029 | 1.0241 | 1.0685 | 1.1048 | -      | -     | -     | -     | -    |

*Variación de la densidad relativa de las disoluciones de cloruro sódico con la concentración y la temperatura*

| %  | 0°C     | 10°C    | 25°C    | 40°C    | 60°C   | 80°C   | 100°C  |
|----|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 1  | 1.00747 | 1.00707 | 1.00409 | 0.99908 | 0.9900 | 0.9785 | 0.9651 |
| 2  | 1.01509 | 1.01442 | 1.01112 | 1.00593 | 0.9967 | 0.9852 | 0.9719 |
| 4  | 1.03038 | 1.02920 | 1.02530 | 1.01977 | 1.0103 | 0.9988 | 0.9855 |
| 8  | 1.06121 | 1.05907 | 1.05412 | 1.04798 | 1.0381 | 1.0264 | 1.0134 |
| 12 | 1.09244 | 1.08946 | 1.08365 | 1.07699 | 1.0667 | 1.0549 | 1.0420 |
| 16 | 1.12419 | 1.12506 | 1.11401 | 1.10688 | 1.0962 | 1.0842 | 1.0713 |
| 20 | 1.15663 | 1.15254 | 1.14533 | 1.13774 | 1.1268 | 1.1146 | 1.1017 |
| 24 | 1.18999 | 1.18557 | 1.17776 | 1.16971 | 1.1584 | 1.1463 | 1.1331 |
| 26 | 1.20709 | 1.20254 | 1.19443 | 1.18614 | 1.1747 | 1.1626 | 1.1492 |

## 3.13 Datos de disoluciones tampón

| Tampón de ácido clorhídrico                                       |                | Tampón de ftalato ácido  |                | Tampón de ftalato neutralizado  |                 |
|---|----------------|--|----------------|---|-----------------|
| Añádanse a 50 ml de ClK 0,2M los siguientes volúmenes de ClH 0,2M |                | Añádanse a 50 ml de $\text{CH}_6\text{H}_4(\text{COO})_2$ K 0,2M, los siguientes volúmenes de ClH 0,2M |                | Añádanse a 50 ml de $\text{CH}_6\text{H}_4(\text{COO})_2$ K 0,2M, los siguientes volúmenes de NaOH 0,2M |                 |
| pH  | ml de ClH 0,2M | pH   | ml de ClH 0,2M | pH  | ml de NaOH 0,2M |
| 1.2   | 85.0           | 2.2  | 49.5           | 4.2   | 3.0             |
| 1.3   | 67.2           | 2.4  | 42.2           | 4.4   | 6.6             |
| 1.4   | 53.2           | 2.6  | 35.4           | 4.6   | 11.1            |
| 1.5   | 41.4           | 2.8  | 28.9           | 4.8   | 16.5            |
| 1.6   | 32.4           | 3.0  | 22.3           | 5.0   | 22.6            |
| 1.7   | 26.0           | 3.2  | 15.7           | 5.2   | 28.8            |
| 1.8   | 20.4           | 3.4  | 10.4           | 5.4   | 34.1            |
| 1.9   | 16.2           | 3.6  | 6.3            | 5.6   | 38.8            |
| 2.0   | 13.0           | 3.8  | 2.9            | 5.8   | 42.3            |
| 2.1   | 10.2           | 4.0  | 0.1            | -   | -               |
| 2.2   | 7.8            | -  | -              | -   | -               |

## Tampón fosfato

## Tampón de borato alcalino

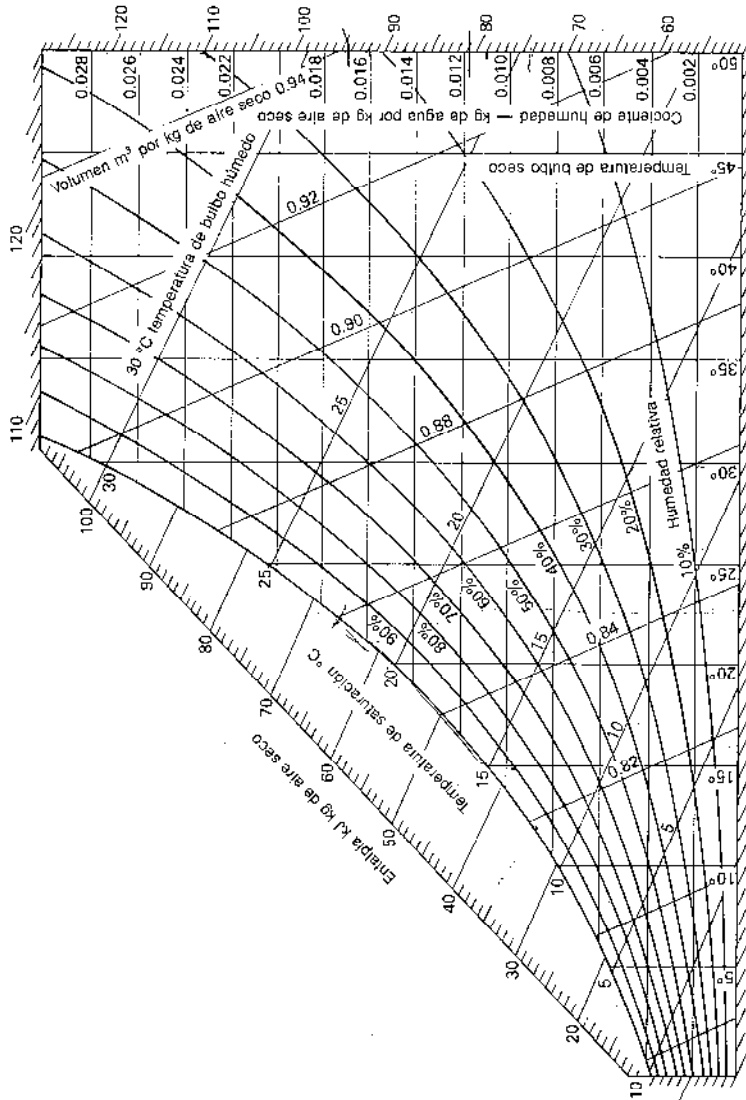
Añádanse a 50 ml de  $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$  0,2M los siguientes volúmenes de NaOH 0,2M

Añádanse a 50 ml de  $\text{BO}_3\text{H}_3$ -ClK 0,2M los siguientes volúmenes de NaOH 0,2M

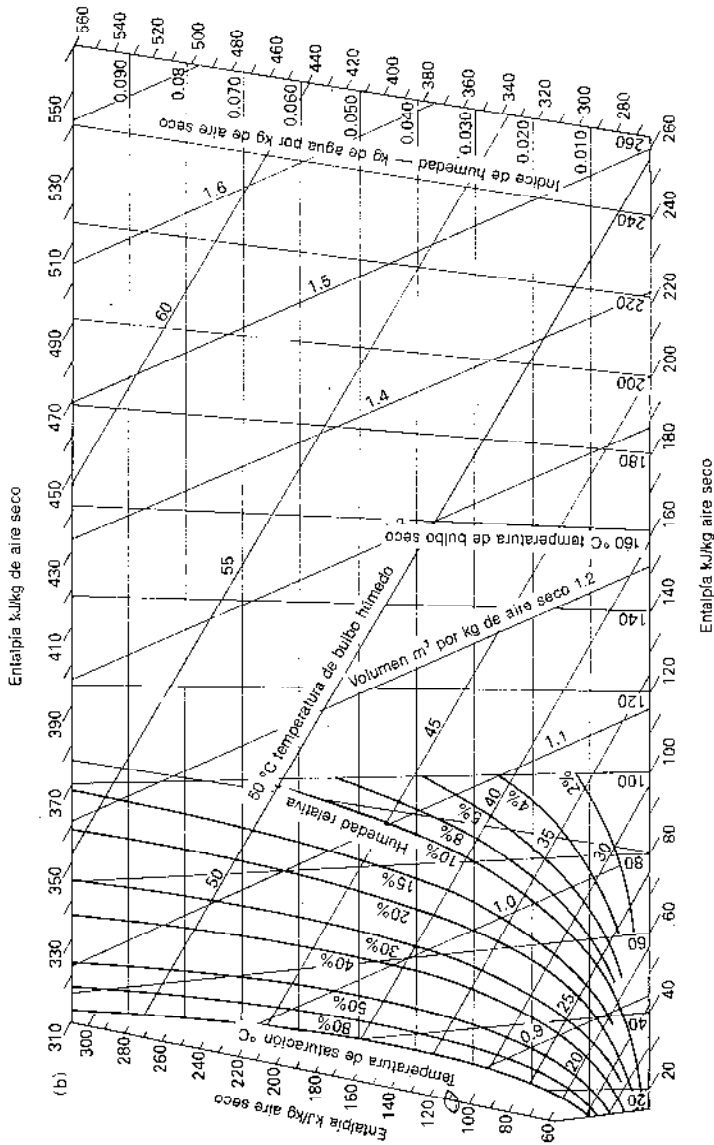
| pH  | ml de NaOH 0,2M | pH   | ml de NaOH 0,2M |
|-----|-----------------|------|-----------------|
| 5.8 | 3.6             | 8.0  | 3.9             |
| 6.0 | 5.6             | 8.2  | 6.0             |
| 6.2 | 8.1             | 8.4  | 8.6             |
| 6.4 | 11.6            | 8.6  | 11.8            |
| 6.6 | 16.4            | 8.8  | 15.8            |
| 6.8 | 22.4            | 9.0  | 20.8            |
| 7.0 | 29.1            | 9.2  | 26.4            |
| 7.2 | 34.7            | 9.4  | 32.1            |
| 7.4 | 39.1            | 9.6  | 36.9            |
| 7.6 | 42.4            | 9.8  | 40.6            |
| 7.8 | 44.5            | 10.0 | 43.7            |
| 8.0 | 46.1            | -    | -               |

**3.14 Datos psicrométricos de los alimentos, incluyendo diagramas, tablas de actividad de agua y datos de ERH**

**3.14.1 Diagrama psicrométrico — Temperaturas normales**



3.14.2 Diagrama psicrométrico — Temperaturas elevadas



## 3.14.3 Tablas de depresión de la temperatura en el bulbo húmedo

| Humedad relativa %           |      |      |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Depresión de la<br>temperatura en<br>el bulbo húmedo<br>°C |      |
|------------------------------|------|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|------|
| 34                           | 33   | 32   | 32   | 31 | 30   | 29   | 28   | 27   | 26   | 25   | 23   | 22   | 21   | 19   | 16.6 |
| 36                           | 35   | 34   | 33   | 32 | 32   | 31   | 30   | 29   | 28   | 26   | 25   | 24   | 23   | 21   | 16.1 |
| 37                           | 37   | 36   | 35   | 34 | 33   | 32   | 31   | 30   | 29   | 28   | 27   | 26   | 25   | 23   | 15.6 |
| 39                           | 39   | 38   | 37   | 36 | 35   | 34   | 33   | 32   | 31   | 30   | 29   | 28   | 27   | 25   | 15   |
| 41                           | 41   | 40   | 39   | 38 | 37   | 36   | 35   | 34   | 33   | 32   | 31   | 30   | 29   | 27   | 14.4 |
| 42                           | 42   | 41   | 41   | 40 | 39   | 38   | 37   | 36   | 35   | 34   | 33   | 32   | 31   | 30   | 13.9 |
| 44                           | 44   | 43   | 42   | 42 | 41   | 40   | 39   | 38   | 37   | 36   | 35   | 34   | 33   | 32   | 13.3 |
| 46                           | 45   | 44   | 44   | 43 | 42   | 42   | 41   | 40   | 39   | 38   | 37   | 36   | 35   | 34   | 12.8 |
| 48                           | 47   | 46   | 46   | 45 | 44   | 44   | 43   | 42   | 41   | 40   | 39   | 38   | 37   | 36   | 12.2 |
| 50                           | 49   | 49   | 48   | 47 | 46   | 46   | 45   | 44   | 43   | 42   | 42   | 41   | 40   | 39   | 11.7 |
| 52                           | 51   | 51   | 50   | 49 | 48   | 48   | 47   | 46   | 45   | 45   | 44   | 43   | 42   | 41   | 11.2 |
| 54                           | 53   | 53   | 52   | 52 | 51   | 50   | 49   | 48   | 48   | 47   | 46   | 45   | 44   | 43   | 10.6 |
| 56                           | 55   | 55   | 54   | 54 | 53   | 52   | 51   | 51   | 50   | 49   | 48   | 48   | 47   | 46   | 10   |
| 58                           | 58   | 57   | 56   | 56 | 55   | 54   | 54   | 53   | 52   | 52   | 51   | 50   | 49   | 48   | 9.4  |
| 60                           | 59   | 59   | 58   | 58 | 57   | 57   | 56   | 55   | 55   | 54   | 53   | 52   | 52   | 51   | 8.9  |
| 62                           | 61   | 61   | 60   | 60 | 59   | 59   | 58   | 58   | 57   | 56   | 56   | 55   | 54   | 53   | 8.4  |
| 64                           | 64   | 63   | 63   | 62 | 62   | 61   | 61   | 60   | 59   | 59   | 58   | 58   | 57   | 56   | 7.7  |
| 66                           | 66   | 66   | 65   | 65 | 64   | 64   | 63   | 63   | 62   | 61   | 61   | 60   | 60   | 59   | 7.2  |
| 69                           | 68   | 68   | 68   | 67 | 67   | 66   | 66   | 65   | 65   | 64   | 63   | 63   | 62   | 62   | 6.7  |
| 71                           | 71   | 71   | 70   | 70 | 69   | 69   | 68   | 68   | 67   | 67   | 66   | 66   | 65   | 64   | 6.1  |
| 73                           | 73   | 73   | 72   | 72 | 72   | 71   | 71   | 70   | 70   | 69   | 69   | 68   | 68   | 67   | 5.6  |
| 76                           | 76   | 75   | 74   | 74 | 74   | 74   | 73   | 73   | 73   | 72   | 72   | 71   | 71   | 70   | 5    |
| 78                           | 78   | 78   | 77   | 77 | 77   | 76   | 76   | 76   | 75   | 75   | 75   | 74   | 74   | 73   | 4.5  |
| 81                           | 81   | 80   | 80   | 80 | 79   | 79   | 79   | 79   | 78   | 78   | 78   | 77   | 77   | 76   | 3.9  |
| 83                           | 83   | 83   | 82   | 82 | 82   | 82   | 82   | 81   | 81   | 81   | 81   | 80   | 80   | 80   | 3.3  |
| 86                           | 86   | 85   | 85   | 85 | 85   | 85   | 85   | 84   | 84   | 84   | 84   | 83   | 83   | 83   | 2.8  |
| 89                           | 88   | 88   | 88   | 88 | 88   | 88   | 88   | 87   | 87   | 87   | 87   | 87   | 86   | 86   | 2.2  |
| 91                           | 91   | 91   | 91   | 91 | 91   | 91   | 91   | 90   | 90   | 90   | 90   | 90   | 90   | 89   | 1.7  |
| 94                           | 94   | 94   | 94   | 94 | 94   | 94   | 94   | 94   | 93   | 93   | 93   | 93   | 93   | 93   | 1.1  |
| 97                           | 97   | 97   | 97   | 97 | 97   | 97   | 97   | 97   | 97   | 97   | 97   | 97   | 96   | 96   | 0.6  |
| 54.4                         | 53.3 | 52.2 | 51.1 | 50 | 48.9 | 47.8 | 46.7 | 45.6 | 44.5 | 43.4 | 42.3 | 41.2 | 40.1 | 39   |      |
| Temperatura de bulbo seco °C |      |      |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |      |

(continúa)

(continuación)

| Humedad relativa % |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Depresión de la temperatura en el bulbo húmedo °C |    |      |      |      |
|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|------|------|------|
| 18                 | 16 | 15 | 13 | 11 | 9  | 7  | 5  | 2  |    |    |    |    |    |    |   |    | 16.6 |      |      |
| 20                 | 18 | 17 | 15 | 13 | 11 | 9  | 7  | 5  | 2  |    |    |    |    |    |   |    | 16.1 |      |      |
| 22                 | 20 | 19 | 17 | 15 | 14 | 12 | 9  | 7  | 5  | 2  |    |    |    |    |   |    | 15.6 |      |      |
| 24                 | 23 | 21 | 19 | 18 | 16 | 14 | 12 | 10 | 7  | 5  | 2  |    |    |    |   |    | 15   |      |      |
| 26                 | 25 | 23 | 22 | 20 | 18 | 16 | 14 | 12 | 10 | 8  | 5  | 2  |    |    |   |    | 14.4 |      |      |
| 28                 | 27 | 26 | 24 | 22 | 21 | 19 | 17 | 15 | 13 | 10 | 8  | 5  | 3  |    |   |    | 13.9 |      |      |
| 31                 | 29 | 28 | 26 | 25 | 23 | 21 | 20 | 18 | 16 | 13 | 11 | 8  | 6  | 3  |   |    | 13.3 |      |      |
| 33                 | 32 | 30 | 29 | 27 | 26 | 24 | 22 | 20 | 18 | 16 | 14 | 11 | 9  | 6  | 3   | 1  | 12.8 |      |      |
| 35                 | 34 | 33 | 31 | 30 | 28 | 27 | 25 | 23 | 21 | 19 | 17 | 15 | 12 | 9  | 6   | 3  | 12.2 |      |      |
| 37                 | 36 | 35 | 34 | 32 | 31 | 29 | 28 | 26 | 24 | 22 | 20 | 18 | 15 | 13 | 10  | 7  | 4    | 11.7 |      |
| 40                 | 39 | 38 | 36 | 35 | 34 | 32 | 30 | 29 | 27 | 25 | 23 | 21 | 19 | 16 | 14  | 11 | 8    | 11.2 |      |
| 42                 | 41 | 40 | 39 | 38 | 36 | 35 | 33 | 32 | 30 | 28 | 26 | 24 | 22 | 20 | 17  | 14 | 12   | 9    | 10.6 |
| 45                 | 44 | 43 | 42 | 40 | 39 | 38 | 36 | 35 | 33 | 31 | 30 | 28 | 25 | 23 | 21  | 18 | 16   | 13   | 10   |
| 47                 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 39 | 38 | 36 | 35 | 33 | 31 | 29 | 27 | 25  | 22 | 20   | 17   | 9.4  |
| 50                 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 42 | 41 | 39 | 38 | 36 | 34 | 33 | 31 | 28  | 26 | 24   | 21   | 8.9  |
| 53                 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 45 | 44 | 43 | 41 | 40 | 38 | 36 | 34 | 32  | 30 | 28   | 25   | 8.4  |
| 55                 | 54 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 48 | 47 | 46 | 45 | 43 | 42 | 40 | 38 | 36  | 34 | 32   | 30   | 7.7  |
| 58                 | 57 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 49 | 48 | 47 | 45 | 44 | 42 | 40  | 38 | 36   | 34   | 7.2  |
| 61                 | 60 | 59 | 59 | 58 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 50 | 49 | 48 | 46 | 44  | 43 | 41   | 39   | 6.7  |
| 64                 | 63 | 62 | 62 | 61 | 60 | 59 | 58 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 51 | 50 | 49  | 47 | 45   | 43   | 6.1  |
| 67                 | 66 | 66 | 65 | 64 | 63 | 63 | 62 | 61 | 60 | 59 | 58 | 57 | 55 | 54 | 53  | 51 | 50   | 48   | 5.6  |
| 70                 | 69 | 69 | 68 | 67 | 67 | 66 | 66 | 64 | 64 | 63 | 62 | 61 | 60 | 58 | 57  | 56 | 54   | 53   | 5    |
| 73                 | 72 | 72 | 71 | 71 | 70 | 69 | 69 | 68 | 67 | 66 | 66 | 65 | 64 | 63 | 62  | 60 | 59   | 58   | 4.5  |
| 76                 | 76 | 75 | 75 | 74 | 74 | 73 | 72 | 72 | 71 | 70 | 70 | 69 | 68 | 67 | 66  | 65 | 64   | 63   | 3.9  |
| 79                 | 79 | 78 | 78 | 78 | 77 | 77 | 76 | 76 | 75 | 74 | 74 | 73 | 72 | 71 | 71  | 70 | 69   | 68   | 3.3  |
| 83                 | 82 | 82 | 81 | 81 | 81 | 80 | 80 | 79 | 79 | 78 | 78 | 77 | 77 | 76 | 75  | 75 | 74   | 73   | 2.8  |
| 86                 | 86 | 85 | 85 | 85 | 84 | 84 | 84 | 83 | 83 | 83 | 82 | 82 | 81 | 81 | 80  | 79 | 79   | 78   | 2.2  |
| 89                 | 89 | 89 | 89 | 88 | 88 | 88 | 88 | 87 | 87 | 87 | 86 | 86 | 86 | 85 | 85  | 84 | 84   | 83   | 1.7  |
| 93                 | 93 | 93 | 92 | 92 | 92 | 92 | 92 | 92 | 91 | 91 | 91 | 91 | 90 | 90 | 90  | 90 | 89   | 89   | 1.1  |
| 96                 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 95 | 95 | 95 | 95 | 95  | 95 | 95   | 94   | 0.6  |

37.8 36.7 35.6 34.5 33.4 32.3 31.2 30.1 28.9 27.8 26.7 25.6 24.5 23.4 22.3 21.2 20 18.9 17.8

Temperatura de bulbo seco °C

| Humedad relativa %           |      |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | Depresión de la temperatura en el bulbo húmedo °C |
|------------------------------|------|------|------|------|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
|                              |      |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 16.1  |
|                              |      |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 16.1  |
|                              |      |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 15.6  |
|                              |      |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 15  |
|                              |      |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 14.4  |
|                              |      |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 13.9  |
|                              |      |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 13.3  |
|                              |      |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 12.8  |
|                              |      |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 12.2  |
|                              |      |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 11.7  |
|                              |      |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 11.2  |
| 5                            | 2    |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 10.6  |
| 9                            | 6    |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 10  |
| 14                           | 11   | 7    | 3    |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 9.4   |
| 18                           | 15   | 12   | 8    | 5    |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 8.9   |
| 23                           | 20   | 17   | 13   | 10   | 6    | 2  |     |     |     |     |     |     |     |     | 8.4   |
| 27                           | 25   | 22   | 19   | 15   | 12   | 8  | 4   |     |     |     |     |     |     |     | 7.7   |
| 32                           | 29   | 27   | 24   | 21   | 17   | 14 | 10  | 6   |     |     |     |     |     |     | 7.2   |
| 37                           | 34   | 32   | 29   | 26   | 23   | 20 | 16  | 12  | 8   |     |     |     |     |     | 6.7   |
| 41                           | 39   | 37   | 35   | 32   | 29   | 26 | 23  | 19  | 15  |     |     |     |     |     | 6.1   |
| 46                           | 44   | 42   | 40   | 38   | 35   | 32 | 29  | 26  | 22  | 18  |     |     |     |     | 5.6   |
| 51                           | 49   | 48   | 46   | 43   | 41   | 38 | 36  | 33  | 30  | 26  |     |     |     |     | 5   |
| 56                           | 55   | 53   | 51   | 49   | 47   | 45 | 42  | 40  | 37  | 34  | 30  |     |     |     | 4.5   |
| 61                           | 60   | 59   | 57   | 55   | 53   | 51 | 49  | 47  | 44  | 42  | 39  |     |     |     | 3.9   |
| 67                           | 65   | 64   | 63   | 61   | 60   | 58 | 56  | 54  | 52  | 50  | 47  | 44  |     |     | 3.3   |
| 72                           | 71   | 70   | 69   | 68   | 66   | 65 | 63  | 62  | 60  | 58  | 56  | 53  |     |     | 2.8   |
| 77                           | 77   | 76   | 75   | 74   | 73   | 72 | 70  | 69  | 68  | 66  | 64  | 62  | 60  |     | 2.2   |
| 83                           | 82   | 82   | 81   | 80   | 79   | 79 | 78  | 77  | 75  | 74  | 73  | 72  | 70  |     | 1.7   |
| 88                           | 88   | 88   | 87   | 87   | 86   | 86 | 85  | 84  | 84  | 83  | 82  | 81  | 80  | 79  | 1.1   |
| 94                           | 94   | 94   | 94   | 93   | 93   | 93 | 92  | 92  | 92  | 91  | 91  | 90  | 90  | 89  | 0.6   |
| 16.7                         | 15.6 | 14.4 | 13.3 | 12.2 | 11.1 | 10 | 8.9 | 7.8 | 6.7 | 5.6 | 4.4 | 3.3 | 2.2 | 1.1 |   |
| Temperatura de bulbo seco °C |      |      |      |      |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |

## 3.14.4 Tabla de actividad de agua

| $a_w$ intervalo | Tipo microbiano inhibido por el valor más bajo del intervalo | Tipo de alimento cuya $a_w$ se corresponde con el valor más bajo de este intervalo   |
|-----------------|--|--|
| 1.00-0.95       | Bacilos Gram negativos; esporos de las Bacillaceae           | Alimentos con alrededor de un 40 % (en peso) de sacarosa o un 7 % de cloruro sódico<br><br>Miga de pan   |
| 0.95-0.91       | La mayoría de los cocos, lactobacilos y formas vegetativas   | Alimentos con cera de un 55 % de sacarosa, o un 12 % de cloruro sódico   |
| 0.91-0.88       | La mayoría de las levaduras                                  | Alimentos con alrededor de un 65 %, en peso, de sacarosa o un 15 % de cloruro sódico<br><br>Salami<br><br>Harina de pescado con alrededor de un 10 % de agua |
| 0.88-0.80       | La mayoría de los hongos <i>Staphilococcus aureus</i>        | Harina, arroz, legumbres con alrededor de un 17 % de agua<br><br>Cakes de fruta<br><br>Embutidos crudos madurados  |
| 0.80-0.75       | La mayoría de las bacterias halófilas                        | Alimentos con alrededor de un 26 % en peso de ClNa<br><br>Mermeladas y fondáns   |
| 0.75-0.65       | Mohos xerófilos  | Mazapán, marshmallow<br><br>Harina de pescado con un 5 % de agua   |
| 0.65-0.60       | Levaduras osmófilas  | Regaliz, bacalao moderadamente salado, con alrededor de un 12 % de agua  |
| < 0.60          | Todos los microorganismos                                    | Toffees, caramelos duros, pasas  |

De: Mossel D.A.A. Microbial Spoilage of Proteinaceous Foods, 1970.



## 3.14.5 Tabla de disoluciones de humedad constante

| Sustancia disuelta y fase sólida                 | Temp °C | Humedad % |
|--|---------|-----------|
| Nitrato de plomo $Pb(NO_3)_2$                    | 20      | 98        |
| Fosfato sódico dibásico $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ | 20      | 95        |
| Fosfato amónico monobásico $NH_4H_2PO_4$         | 20 - 25 | 93        |
| Sulfato de zinc $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$             | 20      | 90        |
| Cromato potásico $K_2CrO_4$                      | 20      | 88        |
| Bisulfato potásico $KHSO_4$                      | 20      | 86        |
| Bromuro potásico $KBr$                           | 20      | 84        |
| Sulfato amónico $(NH_4)_2SO_4$                   | 20      | 81        |
| Cloruro amónico $NH_4Cl$                         | 20 - 25 | 79        |
| Acetato sódico $NaC_2H_3O_2 \cdot 3H_2O$         | 20      | 76        |
| Clorato sódico $NaClO_3$                         | 20      | 75        |
| Nitrito sódico $NaNO$                            | 20      | 66        |
| Bromuro sódico $NaBr \cdot 2H_2O$                | 20      | 58        |
| Nitrito magnésico $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$       | 18 . 5  | 56        |
| Tiocianato potásico $KSCN$                       | 20      | 47        |
| Nitrato de zinc $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$         | 20      | 42        |
| Trióxido de cromo $CrO_3$                        | 20      | 35        |
| Cloruro cálcico $Ca Cl_2 \cdot 6H_2O$            | 24 . 5  | 31        |
| Acetato potásico $KC_2H_3O_2$                    | 20      | 20        |
| Cloruro de litio $LiCl \cdot H_2O$               | 20      | 15        |

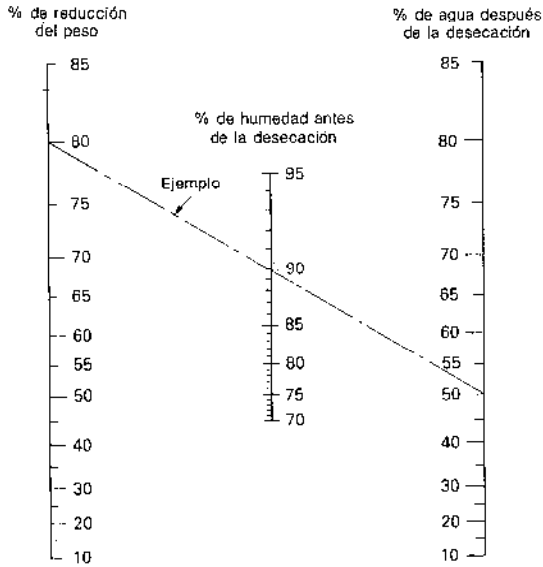
De: The Merck Index, 8ª Edición (1968), Merck & Co, Rahway, NJ.

### 3.14.6 Clasificación de los tipos comunes de deshidratadores

| Tipo de deshidratador            | Tipo de alimento para el que se usa |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| Por contacto con aire            |                                     |
| Neumático                        | Piezas pequeñas, gránulos           |
| De cinta y artesa                | Troceado en piezas                  |
| De armario                       | Troceado, purés, líquidos           |
| De cinta transportadora continua | Purés, líquidos                     |
| De lecho fluidizado              | Piezas pequeñas, gránulos           |
| De torre                         | Troceado                            |
| Atomizador                       | Líquidos, purés                     |
| De túnel                         | Troceado                            |
| De rodillos o tambores           |                                     |
| A presión atmosférica            | Purés, líquidos                     |
| A vacío                          | Purés, líquidos                     |
| De vacío                         |                                     |
| Liofilizadores                   | Piezas, líquidos                    |
| De cinta y vacío                 | Purés, líquidos                     |
| De armario, a vacío              | Piezas, purés                       |

De: Potter Norman N (editor) 1973 Food Dehydration and Concentration, en Food Science, 2ª edición Avi Publishing Co, Westport Conn.

**3.14.7 Relaciones entre el contenido en agua y el peso en un proceso de deshidratación o secado**



# DATOS TERMICOS RELACIONADOS CON LOS ALIMENTOS Y LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

<http://avibert.blogspot.com>

- 4.1 Cálculo de las propiedades térmicas de los alimentos.
- 4.2 Fórmulas y programas de ordenador.
- 4.3 Valores tabulados de las propiedades térmicas de los alimentos.
  - 4.3.1 Propiedades térmicas del pescado, la carne de mamífero y la carne de ave.
  - 4.3.2 Propiedades térmicas de otros alimentos.
  - 4.3.3 Propiedades térmicas de frutas, hortalizas frescas y zumos.
  - 4.3.4 Conductividad térmica de los medios utilizados en Tecnología de los Alimentos.
  - 4.3.5 Propiedades térmicas de los materiales utilizados para la elaboración de envases.
  - 4.3.6 Difusividad térmica de algunos productos alimenticios.
- 4.4 Energía de activación e inactivación enzimática.
- 4.5 Datos relativos a microorganismos y enzimas.
- 4.6 Datos para el cálculo de tratamientos térmicos referidos a algunos microorganismos importantes como causa de deterioro de los alimentos.
- 4.7 Contenido calórico de algunos alimentos.
- 4.8 Propiedades dieléctricas de los alimentos.

### 4.1 Cálculo de las propiedades térmicas de los alimentos

Como un subcomité de Cost 90, se constituyó recientemente un grupo de trabajo para estudiar la posibilidad de calcular las propiedades térmicas de los alimentos teniendo en cuenta su naturaleza, su composición química, su temperatura y su densidad.

La primera tarea del grupo de trabajo consistió en la recogida de la lista de ecuaciones ya publicadas para la predicción de la entalpía, el calor específico, el contenido en hielo, la conducti-

vidad térmica y la densidad; en reducir las ecuaciones a un sistema común de unidades; en recoger las observaciones y comentarios de los autores sobre sus posibles aplicaciones y en compilar datos y ecuaciones sobre las propiedades térmicas de los componentes de los alimentos.

Para estimar la «robustez» de las ecuaciones a usar para cálculos relativos a los alimentos, se contrastaron los valores calculados haciendo uso de las mismas, con los determinados experimentalmente. Con permiso de los autores, incluimos a continuación una descripción abreviada de un programa de ordenador para el cálculo de algunas propiedades, que está basado en las ecuaciones seleccionadas.

### 4.2 Fórmulas y programas de ordenador

#### Ecuaciones seleccionadas

En virtud de la contrastación efectuada entre los datos calculados y los experimentalmente determinados, se seleccionaron las ecuaciones siguientes.

$$T > T_f$$

$$\lambda = \sum \epsilon_i X_i \quad \lambda(1.20)$$

$$h = \sum c_i X_i T \quad h(1.3)$$

$$c = \sum c_i X_i \quad c(1.10)$$

Todas las T

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho c} \quad \alpha(3.1)$$

$$P(c = 0) = \frac{1}{\sum \frac{X_i}{P_i}} \quad p(1.2)$$

$$T < T_f$$

$$\lambda = \sum \epsilon_i X_i$$

$$h = c_s(1 - X_w)(T - T_f) + c_w X_w T_f \ln \frac{T}{T_f} - c_{hielo} X_w (T - T_f) - c_{hielo} X_w T_f \ln \frac{T}{T_f} \left[ 1 - \frac{T_f}{T} \right] + T_f \sum c_i X_i \quad h(2.2)$$

$$c = c_s(1 - X_w) + \frac{c_w X_w T_f}{T} + c_{hielo} \left[ 1 - \frac{T_f}{T} \right] X_w - \frac{L X_w T_f}{T} \quad c(2.3)$$

#### Productos a granel

$$\lambda \text{ (a granel)} = [1 - \epsilon \text{ (a granel)}] \times \lambda$$

Para aplicar el programa se necesitan introducir los siguientes datos.

- composición del alimento, es decir % de agua, grasa, etc.
- densidad a 20 °C
- punto de congelación inicial

### Formato del programa y ejemplo

- |                   |                            |
|-------------------|----------------------------|
| 1 Cereales        | 8 Azúcares                 |
| 2 Leche, huevos   | 9 Frutas                   |
| 3 Grasas, aceites | 10 Bebidas                 |
| 4 Carne           | 11 Salsas, sopas           |
| 5 Pescado         | 12 Productos de repostería |
| 6 Hortalizas      | 13 Quesos                  |
| 7 Frutos secos    | 14 Miscelánea              |

\*\*\*\*\* Grupo de productos ? : 9

Nombre del producto : Fresa

Contenido en agua %

- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| 1 Húmedo 70-100     | 2 Semi-húmedo 40-69.9 |
| 3 Semi-seco 20-39.9 | 4 Seco 0-19.9         |

\*\*\* ¿Qué grupo? : 1

Composición conocida (0=NO; 1=SI) : 1

Sobre base seca (0) o en fresco (1) ? : 1

Composición en %

Si no se dispone de datos sobre un componente introduzcase un número negativo.

|               |      |
|---------------|------|
| Agua          | : 92 |
| Proteína      | : 0  |
| Grasa         | : 0  |
| Carbohidratos | : 8  |
| Minerales     | : 0  |

### CONTROL

| Componente                          | % (input) | % que resta. | Fracción |
|-------------------------------------|-----------|--------------|----------|
| Agua                                | 92.0      |              | 0.920    |
| Proteína                            | 0         |              | 0.000    |
| Carbohidratos                       | 8.0       |              | 0.080    |
| Minerales                           | 0         |              | 0.000    |
| Total en términos<br>de peso fresco | 100.000   |              |          |

Es producto sólido (1) o líquido (2) ? : 1  
 Homogéneo (1) o a granel (2) ? : 2  
 Densidad de producto homogéneo (kg/m\*\*3) ?  
 Si no se conoce, tecléese cero : 0  
 Diámetro equivalente de producto homogéneo (cm) : ?  
 Si no se conoce, tecléese cero : 4  
 Densidad a granel (kg/m\*\*3) : ?  
 Si no se conoce, tecléese cero : 0  
 Punto de congelación inicial (°C) : ?  
 Si no se conoce, tecléese un número positivo : -0.5  
 Preguntas sobre el output :

Temperaturas específicas (1) o intervalo (2) ? : 2  
 Tecléense los límites superior e inferior de temperatura y los saltos térmicos, separados por una coma : -40, 40, 5  
 Propiedades que se quiere calcular (0 = NO y 1 = SI)  
 ¿Conductividad? : 1  
 ¿Difusividad? : 1  
 ¿Entalpía? : 1  
 ¿Calor específico? : 1

Fin del input

### *Output del ordenador*

|                          |   |          |
|--------------------------|---|----------|
| Producto a granel        | : | Fresas   |
| Composición (fracciones) |   |          |
| Agua                     | : | 0.920    |
| Proteína                 | : | 0.000    |
| Grasa                    | : | 0.000    |
| Carbohidratos            | : | 0.080    |
| Minerales                | : | 0.000    |
| Punto de congelación     | : | -0.50 °C |



## Propiedades térmicas de las fresas — predicciones del ordenador

| Temp. °C | Conductividad<br>térmica W/m °K | Difusividad<br>térmica m <sup>2</sup> /s | Entalpía<br>kJ/kg | Calor específico<br>kJ/kg °K |
|----------|---------------------------------|--|-------------------|------------------------------|
| -40.0    | 1.489                           | 0.1353E-05                               | -359.8            | 2.033                        |
| -35.0    | 1.450                           | 0.1298E-05                               | -349.5            | 2.064                        |
| -30.0    | 1.413                           | 0.1237E-05                               | -339.1            | 2.110                        |
| -25.0    | 1.375                           | 0.1162E-05                               | -328.4            | 2.186                        |
| -20.0    | 1.338                           | 0.1064E-05                               | -317.2            | 2.322                        |
| -15.0    | 1.299                           | 0.9175E-06                               | -304.9            | 2.613                        |
| -10.0    | 1.255                           | 0.6745E-06                               | -290.2            | 3.427                        |
| -5.0     | 1.183                           | 0.2804E-06                               | -265.8            | 7.744                        |
| 0.0      | 0.3345                          | 0.1433E-06                               | 0.000             | 3.978                        |
| 5.0      | 0.3392                          | 0.1451E-06                               | 19.89             | 3.978                        |
| 10.0     | 0.3439                          | 0.1474E-06                               | 39.78             | 3.978                        |
| 15.0     | 0.3486                          | 0.1496E-06                               | 59.67             | 3.978                        |
| 20.0     | 0.3533                          | 0.1518E-06                               | 79.56             | 3.978                        |
| 25.0     | 0.3580                          | 0.1540E-06                               | 99.45             | 3.978                        |
| 30.0     | 0.3628                          | 0.1563E-06                               | 119.3             | 3.978                        |
| 35.0     | 0.3675                          | 0.1583E-06                               | 139.2             | 3.978                        |
| 40.0     | 0.3722                          | 0.1608E-06                               | 159.1             | 3.978                        |

*Limitaciones del programa de ordenador*

Los iniciadores del programa reconocen que, puesto que la información publicada sobre datos térmicos es muy limitada con respecto a la naturaleza y el estado de los alimentos, no fue posible comprobar el programa de un modo adecuado. Otra de las limitaciones con las que se tropezó, fue la necesidad, en algunos casos, de calcular el agua ligada, no congelable, de los alimentos. Como solución transitoria, el agua no congelable se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$X \text{ (agua no congelable)} = 0.3\chi_p + 0.1\chi_c$$

donde  $\chi_p$  = fracción másica de las proteínas y  $\chi_c$  = fracción másica de los carbohidratos

### 4.3 Valores tabulados de las propiedades térmicas de los alimentos

La mayor parte de los datos de la sección siguiente se han obtenido de un artículo publicado en «Food Technology», en noviembre de 1980, titulado «A Compilation of the thermal properties of Foods», del que son autores S. L. Polley, O. P. Snyder y P. Kotnour.

Los datos relativos al almidón fueron recogidos por mis colegas industriales del CPC (United Kingdom) Ltd.

#### 4.3.1 Propiedades térmicas del pescado, la carne de mamífero y la carne de ave

| Alimento  | % H <sub>2</sub> O | P. C.<br>°C | Calor específico<br>(kJ/kg °C)                 |  | Conductivi-<br>dad térmica<br>(W/m °K) | Calor<br>latente |
|---|--------------------|-------------|--|--|--|------------------|
|   |                    |             | Por encima<br>del punto<br>de congela-<br>ción | Por debajo<br>del punto<br>de congela-<br>ción |  |                  |
| <b>PESCADO</b>  |                    |             |  |  |  |                  |
| Bacalao fresco  | -                  | -2.2        | 3.770  | 2.050  | -                                      | 277              |
| Bacalao frito   | 60                 | -           | 3.020  | -  | -                                      | -                |
| Bacalao congelado   | 70                 | -2.2        | 3.180  | 1.720  | -                                      | 235              |
| <i>Filetes</i>  |                    |             |  |  |  |                  |
| Eglefino  | 80                 | -           | 3.520  | 1.840  | -                                      | -                |
| Caballa   | 57                 | -           | 2.760  | 1.550  | -                                      | -                |
| Gallineta   | 80                 | -           | 3.520  | 1.840  | -                                      | -                |
| Abadejo   | 79                 | -           | 3.480  | 1.840  | -                                      | -                |
| Merlán  | 82                 | -           | 3.600  | 1.840  | -                                      | -                |
| Pescado seco  | 70                 | -2          | 3.180  | 1.717  | -                                      | 235              |
| <i>Crustáceos, moluscos y otros productos de la pesca</i> |                    |             |  |  |  |                  |
| Langosta  | 79                 | -           | 3.480  | 1.840  | -                                      | -                |
| Ostras  | 80.4               | -3          | 3.480  | 1.840  | -                                      | 270              |
| Ostra, caja de  | 87                 | -3          | 3.770  | 1.930  | -                                      | 291              |
| Vieira  | 80.3               | -           | 3.520  | 1.840  | -                                      | 270              |
| Vieiras   | 80.3               | -2.2        | 3.730  | 2.010  | -                                      | 270              |
| Quisquilla  | 70.8               | -2.2        | 3.480  | 1.880  | -                                      | 277              |
| Atún  | 70                 | -           | 3.180  | 1.720  | -                                      | -                |

(continúa)

*(continuación)*

| Alimento                  | % H <sub>2</sub> O | P. C.<br>°C | Calor específico<br>(kJ/kg °C)                 |  | Conductividad térmica<br>(W/m °K) | Calor latente |
|---------------------------|--------------------|-------------|--|--|-----------------------------------|---------------|
|                           |                    |             | Por encima<br>del punto<br>de congela-<br>ción | Por debajo<br>del punto<br>de congela-<br>ción |                                   |               |
| <b>PRODUCTOS CARNICOS</b> |                    |             |  |  |                                   |               |
| <i>Bacon</i>              | 57                 | -           | 2.010  | -  | -                                 | -             |
| Bacon fresco              |                    |             |  |  |                                   |               |
| Magro                     | 68                 | -1.7        | 3.220  | 1.680  | -                                 | 233           |
| Bacon ahumado             | 13-29              | -           | 1.26-1.8                                       | 1.0-1.2  | -                                 | 42-96         |
| <i>Carne de vacuno</i>    |                    |             |  |  |                                   |               |
| Desecada                  | 5-15               | -           | 0.92-1.4                                       | 0.7-1.1  | -                                 | 16-52         |
| Fresca, grasa             | -                  | -2.2        | 2.510  | 1.470  | -                                 | 184           |
| <i>Cordero</i>            |                    |             |  |  |                                   |               |
| Fresco                    | 60-70              | -2.2        | 2.8-3.2  | 1.5-2.2  | 0.41-0.48                         | 194-276       |
| Hígado                    | 65.5               | -1.7        | 3.02   | 1.68   | -                                 | 217           |
| <i>Cerdo</i>              |                    |             |  |  |                                   |               |
| Fresco                    | 60-75              | -2          | 2.85   | 1.6  | 0.44-0.54                         | 201           |
| Salchichas                |                    |             |  |  |                                   |               |
| Franfurt                  | 60                 | -1.7        | 3.73   | 2.35   | -                                 | 200           |
| Frescas                   | 65                 | -3.3        | 3.4-3.7  | 2.35   | -                                 | -             |
| Ahumadas                  | 60                 | -3.9        | 3.60   | 2.35   | -                                 | 200           |
| <i>Térnera</i>            | 58-80              | -2          | 2.95-3.4                                       | 1.6-2.0  | -                                 | 211           |
| <b>POLLO</b>              |                    |             |  |  |                                   |               |
| Fresco y congelado        | 74                 | -2.8        | 3.31   | 1.55   | -                                 | 247           |

## 4.3.2 Propiedades térmicas de otros alimentos

Nota: Conductividad térmica a las temperaturas que indica el subíndice.

| Alimento                      | % H <sub>2</sub> O | P. C.<br>°C | Calor específico<br>(kJ/kg °C)                 |  | Conductivi-<br>dad térmica<br>(W/m °K) | Calor<br>latente |
|-------------------------------|--------------------|-------------|--|--|--|------------------|
|                               |                    |             | Por encima<br>del punto<br>de congela-<br>ción | Por debajo<br>del punto<br>de congela-<br>ción |  |                  |
| Manzanas                      | 84                 | -2          | 3.60   | 1.8-1.9  | 0.4153 <sub>60</sub>                   | 280-282          |
| Albaricoques                  | 85.4               | -2          | 3.68   | 1.93   | -                                      | 284              |
| Alcachofas                    |                    |             |  |  |  |                  |
| Globe                         | 83.7               | -2          | -  | 1.88   | -                                      | 279              |
| Jerusalén                     | 79.5               | -2.5        | 3.48   | 1.84   | -                                      | 265              |
| Espárragos                    | 93.0               | -1.2        | 3.94   | 2.01   | -                                      | 310-312          |
| Aguacates                     | 94.0               | -2.7        | 3.81   | 2.05   | -                                      | 316              |
| Plátanos                      | 74.8               | -2.2        | 3.35   | 1.76   | -                                      | 251-255          |
| Judías secas                  | 12.5               | -           | 1.35   | 1.01   | -                                      | 42               |
| Judías verdes                 | 90.0               | -18         | 3.94   | 2.39   | -                                      | 297              |
| Judías, lima, verd.           | 66.5               | -1.1        | 3.06   | 1.68   | -                                      | 219              |
| Judías, string verd.          | 88.9               | -1.3        | 3.81   | 1.97   | -                                      | 298              |
| Remolacha                     | 87.6               | -2.8        | 3.77   | 1.68   | -                                      | 293              |
| Frambuesa<br>americ.          | 82-85              | -30         | 3.6-3.7  | 1.68-1.9                                       | -                                      | 284              |
| Vacinios                      | 82.3               | -1          | 3.6  | 1.88   | -                                      | 275              |
| Pan, blanco                   | 44-45              | -2          | 2.72-2.93                                      | 1.42   | -                                      | 109-121          |
| Brocoli                       | 89.9               | -1.6        | 3.85   | 1.97   | -                                      | 302              |
| Coles de                      |                    |             |  |  |  |                  |
| Bruselas                      | 84.9               | -0.6        | 3.68   | 1.67   | -                                      | 284              |
| Repollo                       | 92.4               | -0.5        | 3.94   | 1.97   | -                                      | 306-307          |
| Cantalupo                     | 92.7               | -1.7        | 3.94   | 2.01   | -                                      | 307              |
| Zanahoria                     | 88.2               | -1.3        | 3.6-3.8  | 1.8-1.9  | -                                      | 293              |
| Coliflor                      | 91.7               | -           | 3.89   | 1.97   | -                                      | 307              |
| Apionabo                      | 88.3               | -           | 3.81   | 1.93   | -                                      | 293              |
| Apio                          | 93.7               | -1.3        | 3.98   | 2.01   | -                                      | 314              |
| Queso                         | 37-38              | -2.2        | 2.09   | 1.30   | -                                      | 126              |
| Limburger                     | 55                 | -7.2        | 2.93   | 1.68   | -                                      | 200              |
| Roquefort                     | 55                 | -16.1       | 2.72   | 1.34   | -                                      | 184              |
| Suizo                         | 55                 | -9.4        | 2.68   | 1.51   | -                                      | 184              |
| Magro                         | 50                 | -           | 2.68   | 1.47   | -                                      | -                |
| Cerezas                       | 83                 | -3.3        | 3.65   | 1.89   | -                                      | 279              |
| Recubrimiento<br>de chocolate | 55                 | -           | 1.26   | 2.30   | -                                      | 93               |
| Maíz, seco                    | 10.5               | -           | 1.17   | 0.96   | -                                      | 35               |
| Maíz, verde                   | 73.9               | -1.7        | 3.31   | 1.76   | -                                      | 247              |
| Arándano                      | 87.4               | -2.6        | 3.77   | 1.93   | -                                      | 288              |
| Nata                          |                    |             |  |  |  |                  |
| Helado de                     | 58-66              | -3-18       | 3.3  | 1.88   | -                                      | 222              |
| Edulcorada                    | 75                 | -           | 3.56   | 2.09   | -                                      | -                |
| 40 % de grasa                 | 73                 | -2.2        | 3.56   | 1.68   | -                                      | 209              |

(continúa)

(continuación)

| Alimento                    | % H <sub>2</sub> O | P. C.<br>°C | Calor específico<br>(kJ/kg °C)                 |  | Conductivi-<br>dad térmica<br>(W/m °K) | Calor<br>latente |
|-----------------------------|--------------------|-------------|--|--|--|------------------|
|                             |                    |             | Por encima<br>del punto<br>de congela-<br>ción | Por debajo<br>del punto<br>de congela-<br>ción |  |                  |
| Acida                       | 57-73              | -           | 2.93   | 1.26   | -                                      | -                |
| Cuajada, queso<br>«cottage» | 60-70              | -           | 3.27   | -  | -                                      | -                |
| Dátiles secos               | 20                 | -20         | 1.51   | 1.09   | -                                      | 67.5             |
| Huevos, en cartón           | -                  | -3          | 3.18   | 1.68   | -                                      | 233              |
| Huevo                       | -                  | -3          | 3.2  | 1.67   | 0.33-0.97                              | 276              |
| Berenjena                   | 92.7               | -0.9        | 3.94   | 2.01   | -                                      | 307              |
| Endivia                     | 93.3               | -0.6        | 3.94   | 2.01   | -                                      | 307              |
| Higos secos                 | 24                 | -           | 1.63   | 1.13   | -                                      | 79               |
| Higos frescos               | 78                 | -2.7        | 3.43   | 1.80   | -                                      | 261              |
| Harina                      | 12-13.5            | -           | 1.8-1.9  | 1.17   | -                                      | -                |
| Trigo                       | 8.8                | -           | -  | 0.450  | -                                      | -                |
| Ajo seco                    | 74.2               | -3.7        | 3.31   | 1.76   | -                                      | 247              |
| Uvaespina                   | 88.3               | -1.7        | 3.77   | 1.93   | 0.28-<br>0.33- <sub>16</sub>           | 293              |
| Pomelo                      | 88.8               | -2          | 3.81   | 1.93   | -                                      | 293              |
| Uva, USA                    | 81.9               | -2.5        | 3.60   | 1.84   | -                                      | 270              |
| Rabanitos                   | 73.4               | -3.1        | 3.27   | 1.76   | -                                      | 247              |
| Puerros verdes              | 88.2               | -1.6        | 3.77   | 1.93   | -                                      | 293              |
| Limonas                     | 89.3               | -2.2        | 3.85   | 1.93   | -                                      | 295              |
| Lechugas                    | 94.8               | -0.4        | 4.02   | 2.01   | -                                      | 316              |
| Limas                       | 86                 | -1.7        | 3.73   | 1.93   | -                                      | 284              |
| Macarrones                  | 12-14              | -           | 1.84   | 1.88   | 0.490                                  | -                |
| Mangos                      | 93                 | 0           | 3.77   | 1.93   | -                                      | 312              |
| Azúcar de arce              | 5                  | -           | 1.01   | 0.88   | -                                      | 16.3             |
| Jarabe de arce              | 36                 | -           | 2.05   | 1.30   | -                                      | 121              |
| Margarina                   | 9-15               | -           | 1.8-2.1  | -  | 0.234                                  | -                |
| Melón                       | 92.6               | -6.7        | 3.94   | 2.01   | -                                      | 307              |
| Melón                       | 92.7               | -1.7        | 3.94   | 2.01   | -                                      | 307              |
| Sandía                      | 92.1               | -1.6        | 4.06   | 2.01   | -                                      | 307              |
| Leche                       | 87.5               | -0.6        | 3.89   | 2.05   | -                                      | 288              |
| Setas                       | 91.1               | -1          | 3.89   | 1.97   | -                                      | 302              |
| Nectarinas                  | 82.9               | -1.7        | 3.77   | 2.05   | 0.585 <sub>9</sub>                     | 277              |
| Nueces secas                | 3-10               | -           | 0.8-1.2  | 0.8-1.0  | -                                      | 10-32            |
| Olivas                      | 75.2               | -1.9        | 3.35   | 1.76   | -                                      | 251              |
| Cebollas                    | 87.5               | -1.1        | 3.77   | 1.93   | -                                      | 288              |
| Naranjas                    | 87.2               | -2.2        | 3.77   | 1.93   | 0.415 <sub>15.6</sub>                  | 288              |
| Zumo de naranja             | 89                 | -1.2        | 3.89   | -  | 0.544 <sub>15.6</sub>                  | -                |
| Chirivía                    | 78.6               | -1.7        | 3.52   | 1.93   | -                                      | 261              |
| Melocotones                 | 86.9               | -1.4        | 3.77   | 1.93   | -                                      | 288              |
| Peras                       | 83.5               | -1.9        | 3.60   | 1.88   | -                                      | 275              |
| Guisantes secos             | 9-14               | -           | 1.1-1.8  | 0.9-1.9  | -                                      | 33               |
| Guisantes verdes            | 74.3               | -1.1        | 3.31   | 1.76   | 0.502 <sub>15.6</sub>                  | 247              |

| Alimento        | % H <sub>2</sub> O | P. C.<br>°C | Calor específico<br>(kJ/kg °C)                 |  | Conductivi-<br>dad térmica<br>(W/m °K)         | Calor<br>latente |
|-----------------|--------------------|-------------|--|--|--|------------------|
|                 |                    |             | Por encima<br>del punto<br>de congela-<br>ción | Por debajo<br>del punto<br>de congela-<br>ción |  |                  |
| Pimientos       | 92.4               | -1.1        | 3.94   | 1.97   | -  | 307              |
| Nísperos        | 78.2               | -2.1        | 3.52   | 1.80   | -  | 261              |
| Piñas           | 85.3               | -1.4        | 3.68   | 1.88   | 0.5486   | 284              |
| Ciruelas        | 85.7               | -2.2        | 3.68   | 1.88   | 0.24-0.55                                      | 286              |
| Granada         | 77                 | -2.2        | 3.68   | 2.01   | -  | 261              |
| Patata          | 77.8               | -1.7        | 3.43   | 1.80   | 0.42-1.1                                       | 258              |
| Calabacines     | 90.5               | -           | 3.85   | 1.97   | -  | 302              |
| Membrillo       | 85.3               | -2.2        | 3.68   | 1.88   | -  | 284              |
| Rábano          | 93.6               | -           | 3.98   | 2.01   | -  | 312              |
| Frambuesa       | 82                 | -1.1        | 3.56   | 1.88   | -  | 284              |
| Ruibarbo        | 94.9               | -2          | 4.02   | 2.01   | -  | 312              |
| Arroz           | 10-14              | -           | -  | 1.7-1.9  | -  | -                |
| Salsifi         | 79.1               | -2          | 3.48   | 1.84   | -  | 263              |
| Espinaca        | 85-93              | -1          | 3.94   | 2.01   | -  | 307              |
| Almidón de maíz | -                  | -           | 1.2-1.3  | -  | 0.12-  | -                |
| Fresa           | 90                 | -1.2        | 3.89   | 1.1-2.0  | 0.2 <sub>25</sub><br>0.67-                     | 290              |
| Zumo de fresa   | 92                 | -1          | 3.98   | -  | 1.2 <sub>13,-18</sub><br>0.571 <sub>15.6</sub> | -                |
| Boniato         | 68.5               | -2          | 3.14   | 1.68   | -  | 226              |
| Tangerinas      | 87.3               | -2.2        | 3.89   | 2.09   | -  | 293              |
| Tomates         | 94                 | -1          | 3.98   | 2.01   | 0.46-0.53                                      | 312              |
| Nabos           | 90.9               | -1          | 3.89   | 1.97   | 0.56   | -                |

**4.3.3 Propiedades térmicas de frutas, hortalizas frescas y zumos**

| Producto                    | Contenido en agua % | Conductividad térmica W/m K | Densidad aparente kg/m <sup>3</sup> | Calor específico medio | Difusividad térmica m <sup>2</sup> /s × 10 <sup>7</sup> |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------|---|
| Manzana                     | 84-85               | 0.415                       | 878                                 | 3.77                   | 1.25  |
| Zumo de manzana             | 87.2                | 0.554                       | 1051                                | 3.85                   | 1.37  |
| Zumo de manzana concentrado | 49.8                | 0.433                       | 1227                                | 3.01                   | 1.17  |
| Compota de manzana          | 82.8                | -                           | -                                   | 3.73                   | -   |
| Zumo de arándano            | 89.5                | 0.554                       | 1041                                | 3.89                   | 1.37  |
| Zumo de cereza              | 86.7                | 0.554                       | 1052                                | 3.85                   | 1.37  |
| Pomelo                      | 84.7                | 0.537                       | 1062                                | 3.81                   | 1.33  |
| Naranja                     | 87.2                | 0.415                       | 878                                 | 3.77                   | 1.25  |
| Zumo de naranja             | 89.0                | 0.554                       | 1043                                | 3.89                   | 1.37  |
| Zumo de frambuesa           | 88.5                | 0.554                       | 1046                                | 3.89                   | 1.36  |
| Zumo de fresa               | 91.7                | 0.571                       | 1033                                | 3.98                   | 1.39  |

Adaptado de los datos publicados por Gane (1936), Riedel (1951) y Slavicek *et al.* (1962). Difusividad térmica calculada a partir de los datos citados.

#### 4.3.4 Conductividad térmica de los medios utilizados en Tecnología de los Alimentos para el intercambio calórico

| Medio                                | Temperatura °C | Conductividad térmica |
|--------------------------------------|----------------|-----------------------|
| Hielo                                | -25            | 2.42                  |
|                                      | 0              | 1.28                  |
| Agua líquida                         | 0              | 0.594                 |
|                                      | 37.8           | 0.628                 |
|                                      | 93             | 0.680                 |
| Aire                                 | 0              | 0.024                 |
|                                      | 100            | 0.032                 |
|                                      | 200            | 0.039                 |
|                                      | 100            | 0.168                 |
| Aceite de oliva                      | 20             | 0.168                 |
|                                      | 100            | 0.164                 |
| Salmuera de cloruro sódico<br>(25 %) | 30             | 0.571                 |
|                                      | 30             | 0.588                 |
| Nitrógeno<br>(12.5 %)                | -100           | 0.016                 |
|                                      | 0              | 0.024                 |
|                                      | 100            | 0.031                 |
| Dióxido de azufre                    | 0              | 0.023                 |
|                                      | 100            | 0.031                 |
| Vapor de agua (saturado)             | 0              | 0.023                 |
|                                      | 93             | 0.028                 |
|                                      | 204            | 0.034                 |
|                                      | 315.6          | 0.044                 |

Adaptado de:

Keith, Frank: Principals of Heat Transfer, International Text Book Co, Scranton, Pa. Mc-Adams, William H: Heat Transmission, McGraw-Hill Book Co.

Perry, John H: 1950, Chemical Engineer's Handbook, McGraw-Hill, 3ª Edición.



**4.3.5 Propiedades térmicas de los materiales utilizados para la elaboración de envases**

| Material                        | Conductividad<br>térmica<br>W/m °K | Calor<br>específico<br>kJ/kg °K | Densidad<br>aparente<br>kg/m <sup>3</sup> | Difusividad<br>térmica<br>m/s × 10 <sup>7</sup> |
|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---|---|
| Aluminio                        | 202.5-268.2                        | 0.963                           | 2700                                      | 537 × 10 <sup>2</sup>                           |
| Vidrio<br>borosilicatado        | 1.125                              | 0.837                           | 2243                                      | 5.99  |
| Nylon (tipo 6/6)                | 0.242                              | 1.675                           | 1121                                      | 1.29  |
| Polietileno (HD)                | 0.485                              | 2.303                           | 961                                       | 2.19  |
| Polietileno (LD)                | 0.329                              | 2.303                           | 929                                       | 1.54  |
| Polipropileno                   | 0.118                              | 1.926                           | 913                                       | 0.67  |
| Teflón                          | 0.260                              | 1.217                           | 2082                                      | 1.03  |
| Acero inoxidable,<br>tipo (302) | 15.87                              | 0.494                           | 7912                                      | 40.6  |
| Acero                           | 36-45                              | 0.502                           | 7100                                      | 114   |
| Estaño                          | 57-62                              | -                               | -   | -   |

Nota: HD = densidad alta; LD = densidad baja.

## 4.3.6 Difusividad térmica de algunos productos alimenticios

| Producto                      | Contenido en agua % | Temperatura °C | Difusividad térmica $m^2/s \times 10^7$ |
|-------------------------------|---------------------|----------------|---|
| Frutas y hortalizas           |                     |                |   |
| Manzana entera, Red Delicious | 85                  | 0-30           | 1.37                                    |
| Compota de manzana            | 37                  | 5              | 1.05                                    |
| Compota de manzana            | 37                  | 65             | 1.12                                    |
| Compota de manzana            | 80                  | 5              | 1.22                                    |
| Compota de manzana            | 80                  | 65             | 1.40                                    |
| Compota de manzana            | -                   | 26-129         | 1.67                                    |
| Aguacate, porción comestible  | -                   | 24, 0          | 1.24                                    |
| Aguacate, semillas            | -                   | 24, 0          | 1.29                                    |
| Aguacate, entero              | -                   | 41, 0          | 1.54                                    |
| Plátano, porción comestible   | 76                  | 5              | 1.18                                    |
| Plátano, porción comestible   | 76                  | 65             | 1.42                                    |
| Judías horneadas              | -                   | 4-122          | 1.68                                    |
| Cerezas, porción comestible   | -                   | 30, 0          | 1.32                                    |
| Patas cocidas, puré           | 78                  | 5              | 1.23                                    |
| Fresas, porción comestible    | 92                  | 5              | 1.27                                    |
| Carne y productos de la pesca |                     |                |   |
| Bacalao                       | 81                  | 5              | 1.22                                    |
| Bacalao                       | 81                  | 65             | 1.42                                    |
| Corned beef                   | 65                  | 5              | 1.32                                    |
| Corned beef                   | 65                  | 65             | 1.18                                    |
| Vaca, aguja                   | 66                  | 40-65          | 1.23                                    |
| Vaca, pierna                  | 71                  | 40-65          | 1.33                                    |
| Vaca, lengua                  | 68                  | 40-65          | 1.47                                    |
| Eglefino                      | 76                  | 40-65          | 1.47                                    |
| Jamón ahumado                 | 64                  | 5              | 1.18                                    |
| Jamón ahumado                 | 64                  | 40-65          | 1.38                                    |
| Agua                          | -                   | 30             | 1.48                                    |
| Agua                          | -                   | 65             | 1.60                                    |

Adaptado de Ashrae (1981) y Gaffney *et al.* (1980).

**4.4 Energía de activación e inactivación enzimática**

| Reacción  | Catalizador           | Energía de activación<br>Cal/mol |
|---|-----------------------|----------------------------------|
| Descomposición de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | Ninguno               | 18 000                           |
|   | Platino coloidal      | 11 700                           |
|   | Catalasa hepática     | 5 500                            |
| Hidrólisis de la caseína                        | HCl                   | 20 600                           |
|   | Tripsina              | 12 000                           |
| Inversión de la sacarosa                        | Iones de hidrógeno    | 26 000                           |
|   | Invertasa de levadura | 11 500                           |
| Hidrólisis del butirato de etilo                | Hidrogeniones         | 13 200                           |
|   | Lipasa pancreática    | 4 200                            |

| Enzima               | Energía de inactivación<br>por el calor |
|----------------------|---|
| Catalasa (sanguínea) | 45 000                                  |
| Amilasa (de malta)   | 42 500                                  |
| Lipasa (pancreática) | 46 000                                  |
| Bromelina            | 76 000                                  |
| Sacarasa             | 100 000                                 |
| Tripsina             | 41 000                                  |

## 4.5 Datos relativos a microorganismos y enzimas

| Alimento                  | Microorganismos ordinariamente presentes cuando se ha alterado                                    |
|---------------------------|---|
| Leche y productos lácteos | Estreptococos, Lactobacilos, Microbacterium, Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Bacillus |
| Carne fresca              | Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Micrococcos, Cladosporium, Thamidium                  |
| Carne de aves             | Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Micrococcos, Penicillium                              |
| Carnes curadas ahumadas   | Micrococcus, Lactobacillus, Lactobacillus, Streptococcus, Debaryomyces, Penicillium               |
| Pescados y crustáceos     | Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Micrococcus   |
| Moluscos                  | Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Micrococcus   |
| Huevos                    | Pseudomonas, Cladosporium, Penicillium, Sporotrichum  |
| Hortalizas                | Penicillium, Rhizopus, Lactobacillus, Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium                  |
| Frutas y zumos de frutas  | Sacharomyces, Torulopsis, Botrytis, Penicillium, Rhizopus, Acetobacter, Lactobacilos              |

| Termófilo                        | Importancia industrial  | Temperatura de crecimiento °C |
|----------------------------------|---|-------------------------------|
| Streptococcus thermophilus       | Crece durante la pasteurización de la leche; participa en la maduración del queso suizo | 48 25-60                      |
| Lactobacillus bulgaricus         | En la leche búlgara y en la fabricación de ácido láctico                                | 49 25-60                      |
| Lactobacillus thermophilus       | Se multiplica durante la pasteurización de la leche                                     | 55 30-65                      |
| Lactobacillus delbrukii          | Acidifica la masa; se usa para la fabricación de ácido láctico                          | 45 21-60                      |
| Bacillus calidolactis            | Coagula la leche a temperaturas elevadas  | 55+ 45-75                     |
| Bacillus thermoacidurans         | Produce el agriado sin abombamiento del zumo de tomate                                  | 45 25-60                      |
| Bacillus stearothermophilus      | Produce el agriado sin abombamiento de las conservas                                    | 50 45-76                      |
| Clostridium thermosacharolyticum | Produce abombamiento de las latas de conserva   | 55+ 43-71                     |
| Clostridium nigrificans          | Responsable de la evolución de ácido sulfhídrico en las conservas                       | 55 26-70                      |

\* Primera temperatura = óptima; segunda temperatura = intervalo de crecimiento.

#### 4.6 Datos para el cálculo de tratamientos térmicos referidos a algunos microorganismos importantes como causa de deterioro de los alimentos

| Microorganismo                  | °C  | D (min)   | Z °C     | m  | Tipo de alimento susceptible de ser afectado |
|---------------------------------|-----|-----------|----------|----|--|
| <i>C. botulinum</i>             | 121 | 0.1-0.3   | 8-10     | 12 | Poco ácidos<br>pH > 4.5                      |
| <i>C. sporogenes</i>            | 121 | 0.8-1.5   | 9-11     | 5  | Carne  |
| <i>B. stearothermophilus</i>    | 121 | 4-5       | 9.5-10   | 5  | Hortalizas                                   |
| <i>C. thermosaccharolyticum</i> | 121 | 3-4       | 7.1-10.5 | 5  | Hortalizas                                   |
| <i>B. subtilis</i>              | 121 | -0.4      | 6.5      | 6  | Productos lácteos                            |
| <i>B. coagulans</i>             | 121 | 0.01-0.07 | 10       | 5  | Alimentos de pH<br>4.2-4.5 (tomate)          |
| <i>C. pasteurianum</i>          | 100 | 0.1-0.5   | 8.3      | 5  | Alimentos de pH<br>4.2-4.5                   |

Nota: Estas cifras sólo son indicativas. Para una información más precisa sobre un determinado alimento se debe consultar la bibliografía especializada.

**4.7 Contenido calórico de algunos alimentos**

| Producto                    | Contenido calórico<br>Kcal/100 g |
|-----------------------------|----------------------------------|
| <b>CEREALES</b>             |                                  |
| Pan, integral               | 242                              |
| Pan, blanco                 | 243                              |
| Harina, manitoba, integral  | 339                              |
| Harina, manitoba, blanca    | 350                              |
| Harina de avena             | 404                              |
| Arroz, pulido               | 361                              |
| <b>PRODUCTOS LACTEOS</b>    |                                  |
| Mantequilla                 | 793                              |
| Queso, Cheddar              | 425                              |
| Queso, Gorgonzola           | 393                              |
| Huevos                      | 163                              |
| Leche fresca, entera        | 66                               |
| <b>CARNES</b>               |                                  |
| Corned beef                 | 231                              |
| Vaca, carne cruda congelada | 151                              |
| Filete de vaca, crudo       | 177                              |
| Hígado, crudo               | 143                              |
| <b>FRUTA</b>                |                                  |
| Manzana de mesa             | 45                               |
| Albaricoques, deshidratados | 183                              |
| Plátanos                    | 77                               |
| Grosellas negras, frescas   | 29                               |
| Grosellas rojas, frescas    | 21                               |
| Uva espina, verde, fresca   | 17                               |
| Pomelo                      | 22                               |
| Naranja                     | 35                               |
| <b>HORTALIZAS</b>           |                                  |
| Judías secas, crudas        | 266                              |
| Judías verdes, crudas       | 15                               |
| Repollo, crudo              | 26                               |
| Zanahorias viejas, crudas   | 23                               |
| Guisantes, frescos, crudos  | 64                               |
| Patatas, viejas, crudas     | 87                               |
| <b>FRUTOS SECOS</b>         |                                  |
| Cacahuetes                  | 603                              |
| Nueces                      | 549                              |

#### 4.8 Propiedades dieléctricas de los alimentos

Las propiedades dieléctricas fundamentales de los alimentos están relacionadas con su composición química y su estructura física y son muy dependientes de la temperatura y la frecuencia.

Los productos biológicos, como los alimentos, pueden considerarse como condensadores no ideales, en cuanto que poseen la capacidad de almacenar y disipar la energía eléctrica de un campo a través de un conjunto de propiedades eléctricas globalmente designadas con el término permitividad dieléctrica.

La permitividad dieléctrica de un determinado producto se expresa por medio de un componente real, la constante dieléctrica, y otro imaginario denominado pérdida dieléctrica.

$$\epsilon^X = \epsilon^X - j\epsilon_{\text{eff}}^X$$

| Alimento  | T°C | %H <sub>2</sub> O<br>(DB) | 10 <sup>7</sup> Hz |      | 10 <sup>9</sup> Hz |       | 3 × 10 <sup>9</sup> Hz |        |
|---|-----|---------------------------|--------------------|------|--------------------|-------|------------------------|--------|
|   |     |                           | e'                 | e''  | e'                 | e''   | e'                     | e''    |
| Filetes de vaca,<br>cadera                                  | 25  | -                         | 50                 | 1300 | 50                 | 39    | 40                     | 12     |
| Filetes de vaca<br>congelados, magros                       | 0   | -                         | -                  | -    | 4.4                | 0.72  | 3.95                   | 0.3    |
| Grasa de panceta<br>fundida por méto-<br>dos convencionales | 25  | -                         | -                  | -    | 2.6                | 0.16  | 2.5                    | 0.13   |
| Patatas crudas  | 25  | -                         | 80                 | 47.8 | 65.1               | 19.6  | 53.7                   | 15.7   |
| Pavo cocinado   | 25  | -                         | -                  | -    | 46.0               | 68.0* | 40.0                   | 14.0*  |
| Mantequilla   | 0   | 16.5                      | -                  | -    | -                  | -     | 4.05                   | 0.39   |
| Mantequilla   | 35  | -                         | -                  | -    | -                  | -     | 4.15                   | 0.44   |
| Agua  |     |                           |                    |      |                    |       |                        |        |
| Hielo puro  | -12 | -                         | 3.7                | 0.07 | -                  | -     | 3.2                    | 0.003  |
| Destilada   | 25  | -                         | -                  | -    | 77.5               | 1.2*  | 76.7                   | 12.0   |
| Disolución  |     |                           |                    |      |                    |       |                        |        |
| 0.5 molar   | 95  | -                         | -                  | -    | 52.0               | 0.364 | 52.0                   | 2.44   |
| ClNa  | 25  | -                         | -                  | -    | 69.0               | 269.0 | 67.0                   | 41.87  |
| Leche en polvo  | 30  | 3.3*                      | -                  | -    | -                  | -     | 2.29                   | 0.05*  |
| Suero láct. en pol.   | 30  | 4.8*                      | -                  | -    | -                  | -     | 2.04                   | 0.025* |

Nota: H<sub>2</sub>O\* sobre peso fresco.

Tabla adaptada de von Hippel (1954) MIT Press.

# **DATOS RELATIVOS AL PROCESADO, ALMACENAMIENTO Y ENVASADO DE LOS ALIMENTOS**

<http://avibert.blogspot.com>

- 5.1 Definición de términos en conservería.
- 5.2 Terminología de los botes de conservas.
- 5.3 Tamaño y capacidad de los botes.
- 5.4 Tamaños de bote recomendados.
- 5.5 Detalles sobre la hojalata.
- 5.6 Detalles de las lacas o esmaltes de revestimiento.
- 5.7 Detalles sobre el procesado de algunos productos.
  - 5.7.1 Cakes y pasteles enlatados.
  - 5.7.2 Enlatado de zanahorias.
  - 5.7.3 Notas sobre enlatado experimental de macarrones con queso.
  - 5.7.4 Enlatado de carne picada con cebolla.
  - 5.7.5 Enlatado de budín de arroz.
  - 5.7.6 Espaguete en salsa de tomate.
  - 5.7.7 Enlatado de fresas.
- 5.8 Cálculo de tratamientos térmicos — Definición de términos y símbolos.
- 5.9 Valores  $F_0$  requeridos para la esterilización comercial.
- 5.10 Origen de los defectos hallados en el sertido — Tabla gentilmente cedida por Metal Box plc, Worcester.
- 5.11 Tabla de coeficientes de letalidad.
- 5.12 Propiedades de los materiales para envasados flexibles.
- 5.13 Datos sobre aditivos alimentarios.
  - 5.13.1 Glosario de términos relativos a los aditivos alimentarios.
  - 5.13.2 Aditivos permitidos en los Estados Unidos de América.
  - 5.13.3 Clasificación por números E.



## 5.14 Condiciones de almacenamiento recomendadas.

5.14.1 Alimentos congelados.

5.14.2 Períodos máximos de almacenamiento recomendados para la carne.

5.14.3 Almacenamiento, atmósferas modificadas.

## 5.1 Definición de términos en conservería

### *Solapamiento real*

El que se da entre el gancho de la tapa y el gancho del cuerpo.

### *Presión del plato de compresión o plato base*

La presión del plato que sostiene el cuerpo y la tapa contra el mandril durante la operación de cierre o insertado.

### *Bote con cordones o acordonado*

Un bote reforzado mediante arrugas circulares regularmente dispuestos a lo largo del cuerpo.

### *Cuerpo*

Parte principal del bote; habitualmente la mayor, de una sola pieza, que forma la pared lateral del envase.

### *Gancho del cuerpo*

Porción del cuerpo que es doblada en la operación de rebordeado para que intervenga en el sertido o insertado.

### *Penetración del gancho del cuerpo*

Relación entre la longitud del gancho del cuerpo y la longitud o altura del cierre.

### *Tapa colocada por el envasador*

De las dos piezas que confinan el espacio delimitado por el cuerpo, la que se coloca en la fábrica de conservas.

### *Cierre sertido o insertado de la tapa*

Cierre o insertado superior; el que efectúa la máquina cerradora en la fábrica de conservas.

### *Mandril de cierre*

Pieza de la máquina cerradora que soporta o presiona la pared de la cubeta de la tapa durante el sertido o insertado.

### *Huella o impresión de la pared de mandril de cierre*

Una arruga formada en el interior del cuerpo, comprendida en el sertido; es una impresión del mandril debida a la presión aplicada por las rulinas durante la operación de cierre.

### *Cerradora*

Máquina que efectúa la operación de cierre, insertado o sertido de las tapas y que puede llevar incorporados accesorios para llevarla a cabo a vacío o en corriente de vapor, según las exigencias del fabricante de conservas.

### *Plato base «girando»*

Se dice del plato base, o de compresión, de la cerradora cuando no es paralelo al mandril.

### *Compuesto*

El producto utilizado para lograr que el cierre sea hermético, mediante la formación de una junta. Está constituido por una disolución o emulsión de latex, o goma sintética, en agua u

otro disolvente; se coloca en la acanaladura que forma el ala del fondo o tapa. Llena los espacios que quedan entre las porciones superpuestas de los ganchos del cuerpo y la tapa.

### *Profundidad de la cubeta*

Es la distancia entre el borde superior del ribete formado en la operación de cierre y el punto más bajo del radio de la pared de la cubeta.

### *Rizo*

Extremo del fondo o tapa que es virado hacia dentro, una vez formada la pieza. En la operación de cierre forma la parte central y del insertado.

### *Borde cortante (cut over)*

Durante ciertas condiciones anormales de insertado, el cierre queda aplanado y el metal es forzado sobre el mandril formando un pico o reborde en la pared del mandril. En casos extremos el metal se puede fracturar y originar un cierre fracturado en el radio del ala.

### *Cerradora*

Máquina que une, mediante insertado, el fondo al cuerpo en la fábrica de botes.

### *Caída interna*

Distorsión hacia abajo del gancho interno del fondo o la tapa, en la «unión».

### *Caída externa*

Proyección lisa del doble cierre o sertido por debajo del borde inferior de un sertido normal en la solapa lateral.

### *Tapas y fondos*

Aquellas partes del envase que se utilizan para cerrar por sus extremos el cilindro abierto que constituye el cuerpo del bote.

### *Gancho de la tapa*

Parte del insertado formado por el rizo de la tapa.

### *Cierre falso*

Sertido defectuoso en el que los ganchos de la tapa y del cuerpo no se han agrafado, aunque ofrezca la apariencia de un cierre normal.

### *Borde agudo*

Es un «borde cortante» poco desarrollado; un borde con un ángulo vivo que puede detectarse con la uña.

### *Primera operación*

La primera de las dos operaciones de que consta el sertido y en la cual el rizo del fondo o tapa se dobla y engancha con la pestaña del cuerpo, formando los ganchos de la tapa y el cuerpo.

### *Pestaña*

Extremo del cuerpo proyectado hacia afuera que doblado adecuadamente acaba formando el gancho del cuerpo.

### *Espacio libre*

La diferencia entre el espesor medio del insertado y la suma de los cinco grosores de hojalata que componen el cierre.

### *Montaje o unión*

Parte del insertado coincidente con la costura lateral, engatillado o agrafado.

### *Pestaña aplastada*

Condición localizada, similar al cierre falso, en la que los ganchos de la tapa y el cuerpo no se agrafan. Se reconoce porque puede verse el gancho del cuerpo por debajo del de la tapa.

### *Cierre del fondo*

El insertado que une el fondo al cuerpo y que se efectúa en la fábrica de botes.

### *Pestaña achampiñonada*

Más curvada que lo normal y que tiende a doblarse en el borde, adoptando la forma de un hongo.

### *Bote entallado*

Es un bote cuyo diámetro en alguno de los extremos es más pequeño que el de la parte principal del cuerpo.

### *Cuerpo desencajado, amartillado o fuera de escuadra*

El cuerpo de un bote que presenta un escalón en el ribete, por mal alineamiento de las partes de la solapa.

### *Altura de ajuste*

Distancia entre la parte más alta del plato base, o plato de compresión, y la más baja del mandril de cierre.

### *Pliegues*

Condición que se da cuando el metal del gancho de la tapa se dobla sobre sí mismo durante la primera operación de insertado y se aplasta en cierta extensión durante la segunda operación.

### *Surcos*

Condición intermedia entre un pliegue y una ondulación en la que el gancho de la tapa queda localmente distorsionado, desplazándose hacia atrás sin llegar a plegarse.

### *Salto de rulina*

Un insertado no suficientemente apretado en las zonas adyacentes a la unión y que se debe a un salto de la rulina de la segunda operación de insertado, al alcanzar las solapas.

### *Grosor de la junta en la cumbre de cierre*

Distancia entre la cara superior del gancho del cuerpo y la inferior del gancho de la tapa en la cumbre del cierre.

### *Altura o longitud del insertado o cierre*

Dimensión máxima del cierre, medida paralelamente al eje longitudinal del bote.

*Grosor o espesor del insertado o cierre*

Dimensión máxima del insertado, medida en dirección perpendicular a la altura o longitud del insertado.

*Segunda operación*

La última de las dos operaciones de que consta el insertado. Los ganchos formados durante la primera operación se aplastan el uno contra el otro.

*Costura lateral, engatillado o agrafado*

Cierre del cuerpo del bote por unión de los extremos de la lámina para cuerpos.

*Patinador*

Bote defectuoso cuyo cierre queda flojo en parte de la circunferencia. Sólo se emplea este término cuando se utiliza una cerradora «de bote giratorio».

*Resbalante*

Condición similar a la del patinador, excepto que se aplica sólo cuando se emplea una cerradora «de bote parado».

*Ve o labio*

Irregularidad localizada, que se caracteriza por una proyección en forma de «V» en la parte inferior del cierre. Generalmente va acompañado de un pliegue, o un surco en forma de «V», del gancho de la tapa.

*Grado de ajuste o grado de apriete*

Valoración de la compacidad o grado de compresión del cierre, que se obtiene evaluando los pliegues, ondulaciones y surcos presentes en el gancho de la tapa.

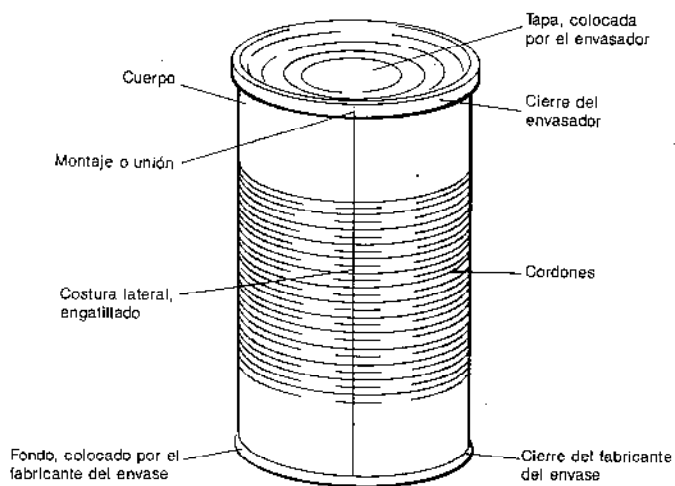
*Gancho irregular*

Gancho del cuerpo, fondo o tapa de longitud excesivamente desigual.

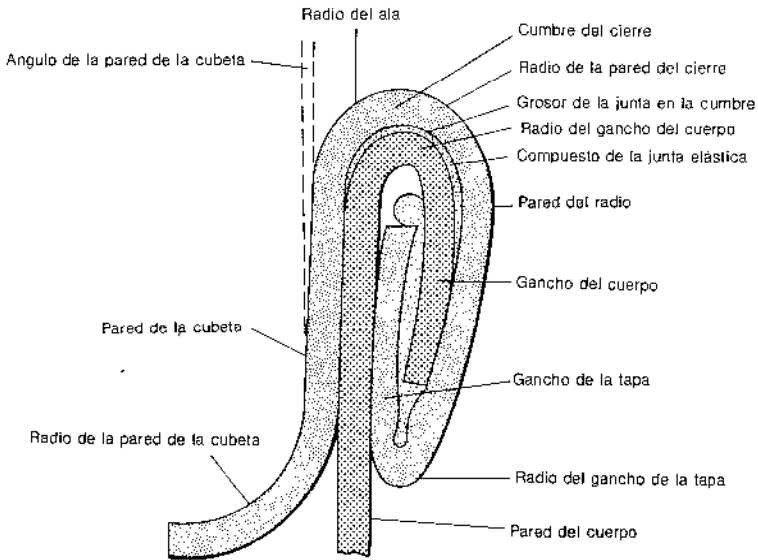
*Ondulación*

Ondas o arrugas en el gancho de la tapa que se distinguen de los efectos de sombreado porque tienen cierta profundidad.

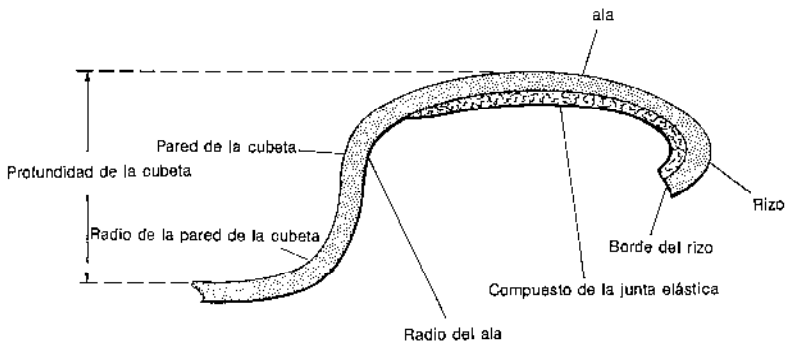
## 5.2 Terminología de los botes de conservas



Bote sanitario o de tapa abierta para el enlatado de alimentos



Terminología general del cierre doble o insertado



Terminología de la tapa

### 5.3 Tamaño y capacidad de los botes

El tamaño de los botes se expresa generalmente indicando el diámetro y la altura. En el sistema imperial, las cifras se refieren a pulgadas y 1/16 de pulgada. Así, por ejemplo, un bote:

401 x 411 tiene 4 1/16 pulgadas de diámetro y 4 11/16 de altura

En el sistema métrico decimal, los tamaños se dan en mm; así, un bote

99 x 119 tiene 99 mm de diámetro y 119 de altura

Nota: La capacidad se expresa redondeando el número de ml de modo que la última cifra sea 0 ó 5. D = de dos piezas, embutido.

| Tamaño sistema imperial | Tamaño sistema métrico | Capacidad (mls) |
|-------------------------|------------------------|-----------------|
| 202 x 213½              | 52 x 72                | 140             |
| 211 x 202               | 65 x 54                | 155             |
| 211 x 205               | 65 x 54                | 175             |
| 211 x 301               | 65 x 78                | 235             |
| 211 x 400               | 65 x 102               | 315             |
| 211 x 414               | 65 x 124               | 385             |
| 300 x 107               | 73 x 37                | 125 (D)         |
| 300 x 108               | 73 x 38                | 125             |
| 300 x 200               | 73 x 51                | 180             |
| 300 x 201               | 73 x 52                | 185             |
|                         | 73 x 56.5              | 210 (D)         |
| 300 x 207               | 73 x 62                | 230             |
| 300 x 213               | 73 x 71                | 280             |
| 300 x 303½              | 73 x 82                | 310             |
| 300 x 312               | 73 x 95                | 355             |
| 300 x 402               | 73 x 105               | 400             |
| 300 x 405               | 73 x 110               | 425 (D)         |
| 300 x 407               | 73 x 113               | 435             |
| 300 x 408½              | 73 x 115               | 445             |
| 300 x 604               | 73 x 159               | 630             |
| 307 x 112               | 83 x 44                | 210 (D)         |
| 307 x 200               | 83 x 51                | 235             |
| 307 x 403               | 83 x 106               | 540             |
| 307 x 408               | 83 x 114               | 580             |
| 401 x 114               | 99 x 48                | 325 (D)         |
| 401 x 200               | 99 x 51                | 325             |
| 401 x 206               | 99 x 60                | 425             |
| 401 x 210               | 99 x 67                | 445             |
| 401 x 212               | 99 x 70                | 475             |
| 401 x 400               | 99 x 102               | 720             |
| 401 x 411               | 99 x 119               | 850             |
| 401 x 509               | 99 x 141               | 1025            |
| 401 x 609               | 99 x 167               | 1215            |

(continúa)



*(continuación)*

| Tamaño sistema imperial | Tamaño sistema métrico | Capacidad (mls) |
|-------------------------|------------------------|-----------------|
| 401 x 614               | 99 x 175               | 1275            |
| 401 x 700               | 99 x 178               | 1295            |
| 401 x 711               | 99 x 195               | 1430            |
| 404 x 700               | 105 x 178              | 1455            |
| 502 x 711               | 127 x 195              | 2330            |
| 603 x 108               | 153 x 38               | 600 (D)         |
| 603 x 304               | 153 x 83               | 1335            |
| 603 x 402               | 153 x 105              | 1755            |
| 603 x 600               | 153 x 152              | 2630            |
| 603 x 700               | 153 x 178              | 3110            |
| 603 x 800               | 153 x 202              | 3580            |
| 603 x 904               | 153 x 235              | 4150            |
| 606 x 509               | 159 x 141              | 2570            |
| <b>Botes ahusados</b>   |                        |                 |
| 404 x 106               | 105 x 35               | 225 (D)         |
| 603 x 104               | 153 x 32               | 450 (D)         |
| Oval                    |                        |                 |
| -                       | 174 x 95 x 25          | 240 (D)         |
| <b>Otros</b>            |                        |                 |
| 307 x 206               | 83 x 60                | 240 (D)         |
| 404 x 213               | 105 x 71               | 495 (D)         |
| <b>Bandeja</b>          |                        |                 |
| -                       | 256 x 156 x 47         | 1500 (D)        |

## 5.4 Tamaños de bote recomendados

| Denominación del envase | Dimensiones | Productos  |
|-------------------------|-------------|--|
|                         | 202 x 204   | Setas  |
|                         | 202 x 214   | Alimentos infantiles   |
|                         | 202 x 308   | Zumos (excepto el de piña), setas, pasta de tomate                                   |
|                         | 202 x 314   | Mosto y zumos cítricos   |
|                         | 211 x 200   | Olivas, pimientos  |
|                         | 211 x 212   | Setas  |
| 8Z                      | 211 x 300   | Judías secas, salsa de tomate  |
| 10oz                    | 211 x 304   | Frutas, zumos, olivas, sopas, espagueti, hortalizas                                  |
|                         | 211 x 400   | Judías secas, salsa de tomate, productos cárnicos, hortalizas                        |
|                         | 211 x 414   | Zumos, piña, ciruelas pasas  |
|                         | 211 x 600   | Olivas   |
|                         | 300 x 206   | Pimientos  |
|                         | 300 x 308   | Judías secas   |
|                         | 300 x 400   | Setas  |
| 300                     | 300 x 407   | Espárragos, arándanos, judías secas, zumos (excepto el de piña) pimientos, espagueti |
|                         | 301 x 411   | Frutas (excepto piña) hortalizas   |
| 303                     | 303 x 406   | Judías secas, frutas (excepto piña) maíz machacado, sopas, hortalizas                |
|                         | 303 x 509   | Sopas  |
|                         | 307 x 113   | Productos de la pesca  |
|                         | 307 x 203   | Piña   |
|                         | 307 x 214   | Judías secas   |
|                         | 307 x 306   | Hortalizas (envasadas al vacío), carne   |
|                         | 307 x 400   | Judías secas, judías verdes (al estilo de los espárragos)                            |
|                         | 307 x 409   | Judías secas, frutas, maíz machacado, zumos, hortalizas                              |
|                         | 307 x 510   | Espárragos, judías secas, setas  |
|                         | 307 x 512   | Zumos (excepto piña), sopa   |
|                         | 307 x 704   | Olivas   |
|                         | 401 x 207.5 | Piña   |
|                         | 401 x 411   | Judías secas, frutas, maíz machacado, olivas, pimientos, sopas, hortalizas           |
| 303                     | 404 x 307   | Boniatos, productos cárnicos   |
|                         | 404 x 700   | Cualquier alimento (excepto piña)  |
| No. 10                  | 603 x 700   | Cualquier alimento   |

### 5.5 Detalles sobre la hojalata

Los botes se fabrican con acero recubierto de estaño por ambos lados.

La moderna hojalata electrolítica se puede fabricar con recubrimientos de estaño distintos en cada una de las dos caras, en cuyo caso se habla de hojalata electrolítica diferencial. Los pesos del recubrimiento de estaño más habituales son los siguientes:

|   |                                   |                                       |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------|
| A | Aluminio                          |                                       |
| N | Acero sin recubrimiento de estaño |                                       |
|   | Recubrimiento de estaño           |                                       |
| Z | E.11.2                            | Electrolítico                         |
| V | E.8.4                             | Electrolítico                         |
| S | E.5.6                             | Electrolítico                         |
| L | E.4.2                             | Electrolítico                         |
| W | E.2.8                             | Electrolítico                         |
| R | E.1.4                             | Electrolítico                         |
| E | D.15.1/5.6                        | Electrolítico diferencial             |
| R | D.15.1/2.8                        | Electrolítico diferencial             |
| C | D.11.2/5.6                        | Electrolítico diferencial             |
| Q | D.11.2/3.3                        | Electrolítico diferencial             |
| G | D.11.2/2.8                        | Electrolítico diferencial             |
| D | D.8.4/5.6                         | Electrolítico diferencial             |
| S | D.8.4/3.3                         | Electrolítico diferencial             |
| M | D.8.4/2.8                         | Electrolítico diferencial             |
| T | D.5.6/11.2                        | Electrolítico diferencial             |
| J | D.5.6/2.8                         | Electrolítico diferencial             |
| P | D.2.8/5.6                         | Electrolítico diferencial             |
| 1 | D.2.8/3.3                         | Electrolítico diferencial             |
| 3 | D.1.4/2.8                         | Electrolítico diferencial             |
| K | D.2.8/5.6                         | Electrolítico diferencial invertido P |
| I | D.3.4/2.2                         | Electrolítico diferencial invertido   |

## 5.6 Detalles de las lacas o esmaltes de revestimientos

Inicialmente el estaño de los botes estaba destinado a facilitar la construcción de los mismos por soldadura y a reducir la interacción química entre los alimentos y el acero (hierro) base de la lámina metálica. A medida que el depósito de estaño ha ido progresivamente reduciéndose, y al objeto de minimizar la disolución del hierro y el acero en el alimento enlatado, se han ido desarrollando una serie de esmaltes y lacas para el recubrimiento interno de los botes. Entre otras, deben cumplir las siguientes exigencias:

No ser tóxicos — lo que de ordinario, supone acomodarse a las regulaciones de la FDA\*.  
 No impartir sabor ni olor a los alimentos.  
 Minimizar los cambios de color.

Para cada tipo de producto se selecciona un revestimiento determinado, tras una investigación exhaustiva. Carece de sentido incluir aquí una lista de los revestimientos que se usan para cada tipo de alimento porque la moderna tecnología está ofreciendo a diario nuevos revestimientos para sustituir los hasta entonces usados. De hecho, resulta más práctico consultar, en su momento, con un fabricante de envases, que será capaz de suministrarlos con el revestimiento más adecuado para el producto a enlatar. Algunos botes se usan, intencionadamente, sin recubrir internamente los cuerpos, para permitir que se disuelva parte del estaño, con lo que se decolora y abrillanta el producto. Así, para productos lácteos, setas, sopa de pollo, uva espina y derivados del tomate se utilizan botes con el cuerpo sin recubrir y la tapa y el fondo protegidos por lacas.

Entre los tipos de revestimientos habitualmente utilizados se encuentran los siguientes:

- |                |   |
|----------------|---|
| Oleorresinosos | — Utilizados para frutas de color rojo. Son revestimientos resistentes al azufre y formulados para proporcionar una buena barrera entre los productos ácidos y los metales del envase.  |
| Fenólicos      | — Se utilizan para productos cárnicos y pesqueros. Ofrecen mayor impermeabilidad que los oleorresinosos, pero son muy poco flexibles e inadecuados para latas con cuerpos con cordones, al igual para tapas y fondos.   |
| Epoxi          | — Frecuentemente utilizados para frutos, hortalizas y productos cárnicos. Tienen gran flexibilidad y estabilidad térmica. Pueden incorporarse a ellos productos fenólicos lo que resulta conveniente para su empleo en el enlatado de frutas y productos con un elevado contenido en grasa. |
| Epoxifenólicos | — Empleados para productos cárnicos «curados».  |
| Organosoles    | — Son revestimientos flexibles, utilizados en tapas, fondos y envases embutidos.  |

\* (Food and Drug Administration, USA).

### 5.7 Detalles sobre el procesado de algunos productos

El fundamento de la conservación de los alimentos por enlatado y tratamiento térmico (apertización) no es otro que la destrucción por el calor tanto de los microorganismos capaces de alterarlo, como de los patógenos.

El tratamiento térmico necesario se ve fuertemente influido por el pH; los alimentos poco ácidos, de pH superior a 4,5 permiten el crecimiento de *Clostridium botulinum* y suelen recibir tratamientos térmicos de letalidad equivalente a, por lo menos, 3 minutos a 121,1 °C.

El desarrollo de un proceso industrial (es decir, el logro de una combinación adecuada de tiempo y temperatura) capaz de conseguir un alimento comercialmente estéril requiere la determinación de la temperatura del centro del envase a lo largo del tratamiento y debe ser llevado a cabo por un laboratorio autorizado, dadas las implicaciones que para la salud pública tiene. Estas determinaciones deben efectuarse siempre que se modifiquen las formulaciones del producto alimenticio o el tamaño del envase. La velocidad de transferencia de calor puede variar considerablemente con la viscosidad del producto, el tamaño de las piezas envasadas, el del bote, la presencia de almidones etc. La intensidad del tratamiento a aplicar se ve afectada también por el número y el tipo de bacterias que pueda contener el alimento; una carga microbiana más elevada de la esperable puede conducir a que el tratamiento aplicado resulte insuficiente para evitar el deterioro, lo que subraya la necesidad de atenerse estrictamente a los principios higiénicos en la manipulación de los alimentos.

Los detalles que figuran en esta sección están basados en el trabajo experimental llevado a cabo por el Departamento de Investigación y Desarrollo de la Metal Box Company Ltd, pero se recomienda que antes de proceder a su aplicación industrial se busque el consejo de un tecnólogo de los alimentos especializado en la elaboración de conservas.

### 5.7.1 Cakes y pasteles enlatados

#### *Método 1*

- a) Recúbrase el fondo y cuerpo de la lata con papel impermeable a la grasa.
- b) Colóquese la mezcla para cake en la lata, que actúa en la parte inicial del proceso como molde para el horneo.
- c) Introdúzcase la lata en el horno y hornéese a la temperatura normal del mismo (180-200 °C, por ejemplo).
- d) Retírese la lata del horno 15 minutos antes del fin del período normal de horneo; colóquese la tapa y ciérrase la lata e introdúzcase de nuevo en el horno, manteniéndola en él hasta completar un período de horneo normal.
- e) Terminado el horneo, retírense las latas y déjese que se enfríen al aire antes proceder al empaquetado final.

#### *Método 2*

- a), b) y c) como en el método antes descrito.
- d) Colóquense, 15 minutos antes del fin del período normal de horneo, las tapas flojas sobre la lata para precalentarlas.
- e) Al término del período normal de horneo, retírense del horno las latas y tapas y procédase de inmediato al cierre, dejando luego que se enfríen al aire antes de proceder al empaquetado final.

Ambos métodos pretenden esterilizar las tapas y reducir la posibilidad de supervivencia de los hongos y su desarrollo en el espacio de cabeza del producto acabado; por esta razón, deben cerrarse las latas cuando aún están calientes, ya que el enfriamiento antes del cierre podría afectar al vacío y a la vida útil del producto.

En el desarrollo del producto, es evidente que la cantidad de masa debe calcularse de manera que el cake, al levantarse, no protruya por encima del borde del envase abierto, lo que dificultaría la aplicación de la tapa.

El tamaño normal de lata para cakes es el 603 × 304, con un contenido de 900 gm de producto acabado.

### 5.7.2 Enlatado de zanahorias

#### *Receta y datos sobre el llenado*

190 g de zanahorias; salmuera hasta un total de 305 g.

Salmuera: 57 g de sal y 212 de azúcar disueltos en agua hasta un volumen final de 2,84 ls.

#### *Procesado*

Bote de 10 oz (285 ml) — 23 minutos a 115.5 °C

Bote de 16 oz (455 ml) — 30 minutos a 115.5 °C

### 5.7.3 Notas sobre enlatado experimental de macarrones con queso

| Salsa                 | gramos |
|-----------------------|--------|
| Queso deshidratado    | 400    |
| Leche en polvo entera | 170    |
| Margarina             | 170    |
| Harina blanca         | 145    |
| Sal                   | 14     |
| Glutamato monosódico  | 4      |
| Cayena                | 0.25   |

Aguas hasta 4.5 l

#### *Método*

Calíentese hasta ebullición unos 2,7 l de agua con la margarina, la sal y el glutamato monosódico. Mézclese, hasta formar una pasta suave, la leche en polvo, la harina blanca y la cayena con medio litro de agua fría y añádase gradualmente, mientras se agita, a la mezcla anterior. Hiérvase durante 5 minutos. Mézclese el queso deshidratado con medio litro de agua fría y añádase al conjunto. Continúese la ebullición durante otros 2 minutos; ajústese el volumen final y pásese por un colador.

#### *Preparación de macarrones*

Hiérvanse durante 18 minutos en una salmuera al 1 %. Lávense y escúrranse (toman entre un 180 y un 200 % de agua). El tiempo de cocción y el relleno pueden ajustarse según la calidad y el tamaño.

#### *Llenado y procesado*

Tanto la salsa como los macarrones deben introducirse calientes en la lata al objeto de que la temperatura de cierre no sea inferior a 77 °C.

Llenado: para bote alto del n° 1: salsa 310 g; macarrones 130 g

Los botes no deben tener lacas de revestimiento.

Tratamiento térmico: 90 minutos a 116 °C y enfriar con agua.

**5.7.4 Enlatado de carne picada con cebolla**

| Materias primas                                 | Peso   |
|---|--------|
| Carne de vacuno (alrededor de un 15 % de grasa) | 3 kg   |
| Harina blanca                                   | 184 g  |
| Puré de tomate (28 % de sólidos)                | 55 g   |
| Sal   | 50 g   |
| Protex  | 7.9 g  |
| Caramelo  | 10.5 g |
| Glutamato monosódico                            | 3.5 g  |
| Pimienta  | 0.75 g |
| Tomillo   | 0.75 g |
| Laurel  | 0.5 g  |
| Salvia  | 0.25 g |

Agua hasta completar un volumen de 4.5 litros

Cebollas (reconstituidas) 680 g

*Preparación*

*Cebollas* Póngase 110 g de cebollas deshidratadas toda una noche a remojo (absorción de agua 5:1).

*Carne* Colóquese la carne picada en una cazuela y cúbrase con agua fría; llévese lentamente a ebullición, agitando intensamente y hiérvese durante 5 minutos. Añádase la sal, el puré de tomate, el protex, el caramelo y el glutamato monosódico. Agítese la harina con unos 400 ml de agua hasta formar una pasta homogénea y añádase gradualmente, mientras se agita, a la carne; hiérvese todo junto durante otros 5 minutos y añádanse las especias un minuto antes de retirar la preparación del fuego. Contrólense el volumen, añádanse las cabollas y dispérsense bien.

*Enlatado*

*Botes* Lacados de 8 onzas (227 g).  
*Llenado* Rellénense con 220 g, en caliente.  
*Cierre* Temperatura mínima de cierre 77 °C, si se efectúa el relleno en caliente; si no se alcanzan, efectúese una breve evacuación.  
*Tratamiento térmico* 85 minutos a 116 °C. Enfriamiento por agua.





### *Preparación de los espagueti*

Hiérvase durante 18 minutos en agua con 1 % de sal. Lávense en agua caliente; escúrranse bien y llénese con ellos el bote.

Nota: Tanto el tiempo de ebullición como el peso de llenado pueden tener que ajustarse de acuerdo con el tipo de espagueti utilizado.

El mejor espagueti y el más adecuado para el enlatado se hace con harina de trigo duro, rica en gluten y cenizas. El elevado contenido de gluten confiere a los espagueti el aroma y la textura deseadas.

### *Llenado*

Para botes altos del n° 1, 155 g de espagueti y 300 de salsa

Para los envases de 8 onzas, 78 g de espagueti y 150 de salsa

Nota: Para que el producto enlatado ofrezca un buen aspecto y el aroma sea agradable, el puré de tomate debe ser de una calidad óptima y de un color intenso.

### *Datos sobre el llenado*

Los espagueti hervidos deben pesarse dentro del envase, procediéndose luego a añadir la salsa. Temperatura mínima de llenado 74 °C; aún así puede ser conveniente una breve evacuación.

Botes: sin revestimiento protector.

Tratamiento térmico: botes altos del n° 1, 85 minutos a 116 °C; botes de 8 onzas (300 × 200), 70 minutos a la misma temperatura.

Este tratamiento es adecuado en lo que al riesgo sanitario se refiere, pero es un tratamiento límite en relación con los agentes de deterioro. Se requiere por ello extremar las medidas higiénicas durante todo el proceso; el riesgo de crecimiento de microorganismos esporulados termófilos lo hace poco aconsejable para la exportación a países cálidos.

### 5.7.7 Enlatado de fresas

#### *Variedades*

Las mejores variedades inglesas para el enlatado son «Sir John Paxton», «Royal Sovereign», «Huxley», «Oberschleisen» y «Sterling Castle». También pueden utilizarse fresas congeladas, aunque esto disminuye la calidad final del producto.

#### *Preparación*

La fruta, que debe ser lo más fresca posible, se enlatará de inmediato, siendo deseable que sea recogida en pequeñas bandejas.

A veces es preciso lavar la fruta; esta operación la hace más sensible al deterioro durante la manipulación por lo que conviene aceptar sólo fresas en excelentes condiciones. Deben someterse a una selección previa, retirando las que ofrezcan lesiones de cualquier tipo y las de pequeño tamaño.

Algunos fabricantes prefieren lavar mediante una ducha breve las fresas antes de introducirlas en los botes, para arrastrar las porciones poco adheridas; en tales casos es necesario escurrirlas bien antes de efectuar el llenado o invertir el bote después del mismo, para que escurra el exceso de agua.

#### *Peso de llenado*

El código de Prácticas sugiere que los pasos mínimos de fruta en los envases sean los siguientes:

|                 |   |         |
|-----------------|---|---------|
| Bote de 5 onzas | — | 85 g    |
| 8 onzas         | — | 100 g   |
| A 1             | — | 175 g   |
| E 1             | — | 225 g   |
| Nº 1 T          | — | 260 g   |
| A 2             | — | 325 g   |
| A 2.5           | — | 475 g   |
| A 10            | — | 1.800 g |
| Otros           | — | 57 %    |

### *Almibarado*

El jarabe, de 15, 30, 40 ó 50 Brix, debe añadirse a 82 °C y el etiquetado habrá de hacer referencia a la concentración de jarabe utilizada.

### *Coloración*

Debe añadirse Ponceau 4RS, en una proporción de 450 mg por litro de jarabe.

### *Evacuación*

Se efectúa por calentamiento a 82 °C durante 6-8 minutos.

### *Tratamiento térmico*

Efectuado el cierre, tras la evacuación, los botes deben tratarse a 100 °C durante los períodos que se señalan:

|     | Autoclave estacionario | Autoclave continuo |
|-----|------------------------|--------------------|
| E 1 | 6-7 minutos            | 5-6 minutos        |
| A 2 | 8-9 minutos            | 6-7 minutos        |

### *Enfriamiento*

En agua e intenso.

### *Tipo de botes*

Deben utilizarse botes con revestimiento interno protector, adecuado para frutas.

## 5.8 Cálculo de tratamientos térmicos — Definición de términos y símbolos

| Término  | Símbolo                         | Definición   |
|--|---------------------------------|--|
| Temperatura de régimen                           | RT                              | La temperatura de condensación del vapor en el autoclave o en su caso la del agua en que los envases se sumergen.  |
| Temperatura inicial                              | IT                              | La temperatura del producto en el centro del envase en que se encuentra, al comenzar el tratamiento.   |
| Tiempo de tratamiento                            | B <sub>B</sub>                  | El tiempo en minutos desde el comienzo del tratamiento hasta el final del período de calentamiento.  |
| Pendiente de la gráfica de calentamiento         | f <sub>h</sub>                  | Número de minutos requerido para que la porción recta de la gráfica de calentamiento, obtenida representando semilogarítmicamente los datos atraviere un ciclo logarítmico.  |
| Eficacia letal                                   | F <sub>O</sub>                  | Número de minutos a 121,1 °C que tiene un efecto letal equivalente.  |
|  | (f <sub>h</sub> /U)             | Factor relacionado con g.  |
|  | F <sub>i</sub>                  | Factor relacionado con RT.   |
|  | g <sub>bh</sub>                 | Número de grados por debajo de la temperatura de régimen (RT) a la que cambia la pendiente de la gráfica de calentamiento, cuando ésta es quebrada.  |
|  | x <sub>bh</sub>                 | Número de minutos desde el comienzo corregido del proceso al instante en que se produce el cambio en la pendiente de la gráfica de calentamiento, cuando es quebrada.  |
|  | g <sub>h2</sub>                 | Número de grados, por debajo de la temperatura de régimen, al final del calentamiento, en una gráfica del calentamiento quebrada.  |
|  | f <sub>2</sub>                  | Cuando la gráfica de calentamiento es quebrada (es decir, cuando ofrece dos porciones rectas de distinta pendiente) este término representa el número de minutos para que la segunda porción atraviere un ciclo logarítmico. |
| Segunda pendiente de la gráfica de calentamiento | f <sub>h</sub> /U <sub>bh</sub> | Factor relacionado con g <sub>bh</sub> .   |
|  | r <sub>bh</sub>                 | Factor relacionado con g <sub>bh</sub> .   |
|  | f <sub>h</sub> /U <sub>bh</sub> | Factor relacionado con g <sub>h2</sub> .   |
| Temperatura del agua de enfriamiento             | CW                              | La temperatura del agua que se utiliza para el enfriamiento de los envases.  |

| Término                                 | Símbolo     | Definición   |
|---|-------------|--|
| Pendiente de la gráfica de enfriamiento | $f_c$       | Número de minutos necesarios para que la gráfica de enfriamiento, obtenida mediante una representación semilogarítmica, atraviese un ciclo logarítmico.  |
|   | $U$ o $U_0$ | Número de minutos a la temperatura de régimen del autoclave de una eficacia letal igual a $F_0$ .  |
|   | $U_3$       | Diferencia entre la eficacia letal que se logra cuando la curva de calentamiento tiene una pendiente $f_h$ y la que se obtiene cuando la gráfica tiene una pendiente $f_2$ , para un valor de $g$ igual a $g_{bh}$ , sin considerar el efecto letal del período de enfriamiento. |
|   | $U_4$       | Eficacia letal si la gráfica de calentamiento tuviera una sola pendiente de valor $f_2$ .  |
|   | $g$         | Número de grados por debajo de RT al final del período de calentamiento, en una gráfica de calentamiento no quebrada.  |
|   | $m$         | Temperatura del producto, en el punto crítico, al final de proceso.  |
|   | $m + g$     | RT-CW  |

**5.9 Valores  $F_0$  requeridos para la esterilización comercial**

| Producto                            | Tamaño del envase | Valor $F_0$ aproximado |
|-------------------------------------|-------------------|------------------------|
| Maíz «Cream style»                  | Nº 10             | 2-3                    |
| Caballa en salmuera                 | 301 × 401         | 2.9-3.6                |
| Espárragos                          | A11               | 2-4                    |
| Sopa de tomate (excepto crema de)   | A11               | 3                      |
| Zanahorias                          | A11               | 3-4                    |
| Apio                                | A2                | 3-4                    |
| Nata                                | 100-150 g         | 3-4                    |
| Salchichas de Frankfurt en salmuera | hasta 16Z         | 3-4                    |
| «Jamón estéril»                     | 1/2-1 kg          | 3-4                    |
| Alimentos infantiles                | potitos           | 3-5                    |
| Alubias en salsa de tomate          | todos             | 4-5                    |
| Sopas de crema                      | A1-16Z            | 4-5                    |
|                                     | hasta A10         | 6-10                   |
| Salchichas en grasa                 | hasta 1/2 kg      | 4-6                    |
| Budín de leche                      | hasta 16Z         | 4-10                   |
| Leche evaporada                     | hasta 16 oz       | 5                      |
| Salchichas tipo Viena, en salmuera  | varios            | 5                      |
| Maíz «cream style»                  | Nº 2              | 5-6                    |
| Chili con carne                     | varios            | 6                      |
| Alimentos para perros               | Nº 10             | 5                      |
| Judías verdes en salmuera           | Nº 10             | 6                      |
| Rollo de carne                      | Nº 2              | 6                      |
| Guisantes en salmuera               | hasta A2          | 6                      |
| Pollo deshuesado                    | todos             | 6-8                    |
| Arenques en tomate                  | ovales            | 6-8                    |
| Setas en mantequilla                | hasta A1          | 6-8                    |
| Guisantes en salmuera               | A2-A10            | 6-8                    |
| Setas en salmuera                   | A1                | 8-10                   |
| Filetes de pollo en gelatina        | hasta 16 oz       | 6-10                   |
| Carne con curry y hortalizas        | hasta 16Z         | 8-12                   |
| Maíz, mazorca entera, en salmuera   | Nº 2              | 9                      |
| Pasteles de carne                   | planos            | 10                     |
| Sopas de carne                      | hasta 16Z         | 10                     |
| Carne, lonchas en su salsa          | ovales            | 10                     |
| Alimentos para perros               | Nº 10             | 12                     |
| Carnes en su salsa                  | A11               | 12-15                  |
| Alimentos para perros y gatos       | hasta 16Z         | 15-18                  |
| Aves, caza, enteras, en salmuera    | A2½-A10           | 15-18                  |

5.10 Origen de los defectos hallados en el sertido —  
 Tabla de la Metal Box plc, Worcester

| CAUSAS                              |  | DEFECTOS                      |                               |                            |                         |                         |                         |                         |                         |                           |                          |       |      |                       |                                |                             |                         |             |            |                 |              |                     |                   |                              |                  |                     |                   |                        |   |
|-------------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-------|------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------|------------|-----------------|--------------|---------------------|-------------------|------------------------------|------------------|---------------------|-------------------|------------------------|---|
|                                     |  | Cierre 1º oper. exc. apretado | Cierre de 1º oper. exc. flojo | Altura del cierre excesiva | Altura del cierre corta | Gancho de la tapa largo | Gancho de la tapa corto | Gancho del cuerpo largo | Gancho del cuerpo corto | Cubeta demasiado profunda | Cubeta muy poco profunda | Calda | Uves | Ondulaciones y surcos | Ondulaciones y surcos inversos | Huella del mandril excesiva | Poca huella del mandril | Patinadores | Borde vivo | Borde corriante | Cierre falso | Rizo de tapa dañado | Pestaña aplastada | Ensambl. cuerpo/tapa incorr. | Cuerpo deformado | Pestaña achampanada | Cierre incompleto | Excesivo espacio libre |   |
| Ruina de 1º paso                    | Demasiado apretada                                   | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Demasiado floja                                      | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Perfil excesivamente estrecho                        | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Perfil demasiado ancho                               | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Gastado  | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Cojinete desgastado                                  | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Alta en relación con el mandril                      | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
| Ruina de 2º paso                    | Baja en relación con el mandril                      | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Demasiado apretada                                   | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Demasiado floja                                      | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Perfil excesivamente estrecho                        | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Perfil demasiado ancho                               | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Gastada  | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Alta en relación al mandril                          | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
| Ruillos de 1º y 2º paso             | Baja con relación al mandril                         | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Muelle de leva demasiado débil                       | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Portarrulinas desgastado                             | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Cojinetes flojos                                     | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Recorrido demas. largo/inv. retor.                   | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | El labio toca al cuerpo del bote                     | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Diámetro demasiado grande                            | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
| Chuck                               | Radio incorrecto                                     | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Pestaña demasiado profunda                           | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Diámetro pequeño o desgastado                        | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Desgastado el labio superior                         | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Grasiento  | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Excesivo fuego vertical de la cabeza de cierre       | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Discont., acc., vást., leva, coloc., env., cst. cic. | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
| Ajuste de altura incorrecto         | •  | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 |                        |   |
| Plato base                          | Presión insuficiente                                 | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Presión excesiva                                     | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Muelle dañado  | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Cojinetes flojos                                     | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Grasiento  | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
| Frendes o tapas                     | Presión excesiva leva plato llenadora                | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Sincronización del almacén (descarga)                | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Empujador alimentación tapas                         | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Ajuste de las guías de tapas                         | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Tapa incorrectamente posic. sobre el cuerpo          | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Alineam. incor. de las guías del cuerpo y la tapa    | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Sincr. def. estrella de botes/cadena de aliment.     | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Mala sincron. torre aliment. botes/cad. de cierre    | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Velocidad excesiva de la máquina                     | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      | • |
|                                     | Fabricación defectuosa del bote                      | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      | • |
|                                     | * Exceso de soldadura en solapa                      | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      | • |
|                                     | * Aplastamiento defectuoso del agrafado              | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      | • |
|                                     | Cuerpo con pestaña corta                             | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      | • |
|                                     | Pestaña achampanada                                  | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      | • |
|                                     | Pestañas aplastadas                                  | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      | • |
| Preondulaciones en cumbre de cierre | •  | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
| Frendes o tapas                     | Poco rizo  | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Rizo dañado  | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Borde de rizo excesivo                               | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Borde de rizo pequeño                                | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      | • |
| Gancho del cuerpo                   | Compuesto de junta en exceso                         | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Compuesto de junta irregularmente distribuido        | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Demasiado corto                                      | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
| Cubeta profunda                     | Demasiado largo                                      | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Demas. largo extr. «tapa envas.»                     | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Producto a envasar en cierre                         | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
| Engrasado incorrecto                | Almacenamiento y manejo inadecuados                  | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Almacenamiento y manejo de botes deficiente          | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |
|                                     | Engrasado incorrecto                                 | •                             | •                             | •                          | •                       | •                       | •                       | •                       | •                       | •                         | •                        | •     | •    | •                     | •                              | •                           | •                       | •           | •          | •               | •            | •                   | •                 | •                            | •                | •                   | •                 | •                      |   |

\* Defectos obsoletos.



**5.11 Tabla de coeficientes de letalidad***Coefficientes de letalidad para microorganismos de  $Z = 10$  °C*

| °C    | Coefficiente de letalidad | °C    | Coefficiente de letalidad | °C    | Coefficiente de letalidad |
|-------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|---------------------------|
| 95    | 0.002                     | 108.5 | 0.055                     | 122   | 1.226                     |
| 95.5  | 0.003                     | 109   | 0.061                     | 122.5 | 1.376                     |
| 96    | 0.003                     | 109.5 | 0.069                     | 123   | 1.544                     |
| 96.5  | 0.003                     | 110   | 0.077                     | 123.5 | 1.733                     |
| 97    | 0.004                     | 110.5 | 0.086                     | 124   | 1.944                     |
| 97.5  | 0.004                     | 111   | 0.097                     | 124.5 | 2.181                     |
| 98    | 0.005                     | 111.5 | 0.109                     | 125   | 2.447                     |
| 98.5  | 0.006                     | 112   | 0.122                     | 125.5 | 2.748                     |
| 99    | 0.006                     | 112.5 | 0.137                     | 126   | 3.081                     |
| 99.5  | 0.007                     | 113   | 0.154                     | 126.5 | 3.457                     |
| 100   | 0.008                     | 113.5 | 0.173                     | 127   | 3.880                     |
| 100.5 | 0.009                     | 114   | 0.194                     | 127.5 | 4.353                     |
| 101   | 0.009                     | 114.5 | 0.218                     | 128   | 4.885                     |
| 101.5 | 0.011                     | 115   | 0.244                     | 128.5 | 5.482                     |
| 102   | 0.012                     | 115.5 | 0.274                     | 129   | 6.150                     |
| 102.5 | 0.013                     | 116   | 0.308                     | 129.5 | 6.901                     |
| 103   | 0.015                     | 116.5 | 0.345                     | 130   | 7.745                     |
| 103.5 | 0.017                     | 117   | 0.388                     | 130.5 | 8.688                     |
| 104   | 0.019                     | 117.5 | 0.435                     | 131   | 9.746                     |
| 104.5 | 0.021                     | 118   | 0.488                     | 131.5 | 10.940                    |
| 105   | 0.024                     | 118.5 | 0.548                     | 132   | 12.269                    |
| 105.5 | 0.027                     | 119   | 0.615                     | 132.5 | 13.774                    |
| 106   | 0.030                     | 119.5 | 0.690                     | 133   | 15.455                    |
| 106.5 | 0.035                     | 120   | 0.774                     | 133.5 | 17.331                    |
| 107   | 0.038                     | 120.5 | 0.868                     | 134   | 19.455                    |
| 107.5 | 0.043                     | 121   | 0.974                     | 134.5 | 21.834                    |
| 108   | 0.049                     | 121.5 | 1.093                     | 135   | 24.509                    |

### 5.12 Propiedades de los materiales para envasados flexibles

Entre las propiedades más importantes de los materiales utilizados para la construcción de los envases flexibles que se usan en la industria alimentaria, se encuentra su impermeabilidad a los gases y al vapor de agua. El modo más frecuentemente utilizado por expresar su permeabilidad a estos agentes consiste en citar los centímetros cúbicos de gas, a presión y temperatura normales, que pasan a través de  $1 \text{ cm}^2$  de una lámina de 1 mm de grosor, en un segundo, cuando la diferencia de presión entre ambas caras es de 1 cm de Hg (es decir  $\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{mm}/\text{sec}/\text{cm Hg}$ ).

Se utilizan también otras unidades; a veces al área puede expresarse en unidades imperiales, el tiempo en otras unidades y la diferencia de presión en atmósferas. Así, por ejemplo, la permeabilidad a los vapores de agua suele expresarse en términos de  $\text{gm}/\text{m}^2/\text{día}$  a  $25^\circ \text{C}$  y 75 % de humedad relativa.

La permeabilidad de las películas homogéneas de polímeros es fuertemente dependiente de la temperatura. Cualquiera que sea el material de que estas películas están compuestas la permeabilidad al oxígeno es cuatro veces mayor que la permeabilidad al nitrógeno; la del  $\text{CO}_2$  25 veces mayor. Las características de permeabilidad de cualquier sistema vienen determinadas por tres factores: la naturaleza de la película, la del gas y la interacción entre el gas y la película.

La mayoría de los materiales utilizados para la construcción de envases flexibles se pliegan en cierto grado al utilizarlos en los rápidos procesos de elaboración de los mismos, lo que reduce con frecuencia sus propiedades aislantes, por lesión mecánica.

*Permeabilidad de las películas flexibles utilizadas en el envasado de alimentos*

| Naturaleza de la película            | Permeabilidad ( $P \times 10^{10}$ cc/cm <sup>2</sup> /mm/<br>sec/cm Hg) |                           |                            | H <sub>2</sub> O a<br>25 °C y<br>90 % de<br>humedad<br>relativa |
|--------------------------------------|--|---------------------------|----------------------------|---|
|                                      | N <sub>2</sub> a<br>30 °C  | O <sub>2</sub> a<br>30 °C | CO <sub>2</sub> a<br>30 °C |   |
| Cloruro de polivinilo (Saran)        | 0.0094   | 0.053                     | 0.29                       | 14.0  |
| Policloro-trifluoroetileno           | 0.03   | 0.10                      | 0.72                       | 2.9   |
| Poliéster (Mylar A)                  | 0.05   | 0.22                      | 1.53                       | 1300  |
| Clorhidrato de goma (Pliofilm<br>ND) | 0.08   | 0.30                      | 1.7                        | 240   |
| Poliámidas (Nylon 6)                 | 0.10   | 0.38                      | 1.6                        | 7000  |
| PVC (no plastificado)                | 0.40   | 1.20                      | 10                         | 1560  |
| Acetato de celulosa (P912)           | 2.8  | 7.8                       | 68                         | 75000   |
| Polietileno ( $\rho = 0.954-0.960$ ) | 2.7  | 10.6                      | 35                         | 130   |
| ( $\rho = 0.922$ )                   | 19   | 55                        | 352                        | 800   |
| Poliestireno                         | 2.9  | 11                        | 88                         | 12000   |
| Polipropileno ( $\rho = 0.910$ )     | -  | 23                        | 92                         | 680   |
| Etilcelulosa (plastificada)          | 84   | 265                       | 2000                       | 130000  |

*Temperatura de termosellado y permeabilidad al vapor de agua, a 25 °C y 75 % de humedad relativa (25/75)*

| Producto   | Temperatura de<br>termosellado °C | Permeabilidad al vapor<br>a 25/75 (gm/m <sup>2</sup> /día) |
|--|-----------------------------------|--|
| Papeles  |                                   |  |
| Kraft blanqueado (recubierto con 0.025<br>mm de polietileno) | 120                               | 6  |
| Celulósicos  |                                   |  |
| PT 300   | —                                 | 400-500  |
| MSAT 300   | 135                               | 4  |
| Acetato de celulosa (0.025 mm)                               | 170                               | 200  |
| PVC  |                                   |  |
| 100, poco plastificado                                       | 180                               | 9  |
| 100, orientado-poco plastificado                             | se encoge a 90                    | 16   |
| Poliestireno   |                                   |  |
| Baja densidad  | 120                               | 3  |
| Alta densidad  | 140                               | 2  |
| Polipropileno  |                                   |  |
| Extruido   | 170                               | 4  |
| Orientado  | se encoge a 150                   | 2  |

*Efectos del plegamiento sobre la permeabilidad al vapor de agua de diversos materiales de envasado*

| Material   | Permeabilidad al vapor de agua a 30 °C y 90 % de humedad relativa |         |
|--|---|---------|
|  | Sin plegar  | Plegado |
| Papel sulfato (50 gm/m <sup>2</sup> ) encerado con 20 g/m <sup>2</sup> de cera de parafina         | 3.0-5.0   | 120-180 |
| Papel glasina recubierto con 12 g/m <sup>2</sup> de parafina                                       | 1.6-3.2   | 40-60   |
| 2 hojas de 32 g/m <sup>2</sup> de papel glasina laminado/ 12 g/m <sup>2</sup> de parafina          | 3.0-5.0   | 5.0-8.0 |
| Papel sulfato 40 g/m <sup>2</sup> , recubierto por extrusión/ 1 mm de polietileno de baja densidad | 20-25   | 22-26   |
| Película de celulosa (400s) recubierta (extrusión)/ 2 mm polipropileno de baja densidad            | 6-8   | 6-8     |
| Hoja de aluminio recubierta por extrusión:   |   |         |
| 1 mm polietileno de baja densidad  | 0.5   | 0.8     |
| 1 mm película de polietileno de baja densidad  | 18  | 18      |
| 1 mm película de polietileno de densidad media   | 11  | 12      |
| 1 mm película de polietileno de alta densidad  | 6   | 8       |
| Película de celulosa recubierta (300s)   | 10-13   | 25-40   |
| Película de celulosa recubierta de cloruro de vinilideno (300s)                                    | 8-10  | 8-12    |

### 5.13 Datos sobre aditivos alimentarios

A lo largo de las dos o tres últimas décadas, han cambiado dramáticamente las técnicas, producción y elaboración de alimentos, de tal modo que, para que lleguen al consumidor en las mejores condiciones sanitarias y organolépticas, se ha hecho necesaria la adición de ciertas sustancias. Durante los últimos años se ha despertado una viva polémica relativa a estos aditivos alimentarios. La presente sección intenta proporcionar algunos datos sobre los permitidos en Europa y los Estados Unidos de América.

#### 5.13.1 Glosario de términos relativos a los aditivos alimentarios

Los aditivos alimentarios se pueden clasificar en:

1. Colorantes
2. Acidulantes
3. Edulcorantes y aromatizantes
4. Mejoradores de la harina, blanqueadores y agentes para evitar el envejecimiento
5. Emulgentes, gelificantes, estabilizadores y espesantes
6. Antioxidantes, antiaglutinantes, antiapelmazantes, antiEspumantes, secuestradores y quelantes
7. Conservadores y antibióticos
8. Suplementos nutritivos, vitaminas y minerales
9. Aditivos adventicios

##### *Colorantes*

El color y el aspecto general son factores de primordial importancia en la conquista del mercado. Para mejorar su aspecto, es frecuente hoy añadir colorantes a los alimentos. Muchos de ellos derivan del alquitrán y se les aplica el nombre genérico de colorantes azo; la tartrazina (E102) es un ejemplo.

##### *Acidulantes*

La adición de ácidos a los alimentos persigue distintos fines, como ajustar el pH o conferirles un determinado sabor. Los ácidos para uso en los alimentos pueden ser orgánicos, como el ácido cítrico (E330), o inorgánicos, como el ácido fosfórico (E338).

##### *Aromatizantes y edulcorantes*

En este grupo se incluyen sustancias naturales, como el matol (E636), que se añade al pan y algunos productos de repostería, y otros que son potenciadores del aroma, como el glutamato monosódico. La glucosa, la fructosa y otros azúcares también se añaden a los alimentos para conferirles un sabor dulce, pero no se consideran aditivos permitidos. Sólo dos edulcorantes permitidos tienen número E, el sorbitol (E420) y el manitol (E421).

##### *Mejoradores de la harina, blanqueadores y agentes antienviejecedores*

Algunos productos químicos que se añaden a la mezcla de harinas de diferentes tipos de trigo persiguen el logro de un pan de estructura abierta; otros como el dióxido de cloro (E925) pretenden blanquearlo.

##### *Sucedáneos de grasas, emulgentes y estabilizadores*

E322-494. La calidad del producto puede depender, en muchos casos y en cierto grado, de la grasa incorporada. Suele ser aconsejable, por ello, aumentar la proporción de grasa añadiendo compuestos como el glicerolmoestearato-GMS. Los emulgentes se emplean con el fin de esta-

bilizar las emulsiones formadas por grasa y agua como la mayonesa. Los emulgentes pueden ser de origen natural, como la lecitina, o sintéticos como los condensados de óxido de etileno [estearato de polioxitileno (8) E430].

### *Antioxidantes*

Las grasas y aceites son susceptibles de autooxidación, especialmente las de origen animal, fenómeno que conduce a la ruptura de las moléculas de los triglicéridos. Si se añaden pequeñas cantidades de antioxidantes el proceso se retrasa (E300-321).

### *Agentes antiaglutinantes y antiapelmazantes*

Son sustancias químicas que se añaden a alimentos particulados, como el azúcar, la harina y la sal, para mejorar sus propiedades de flujo.

### *Agentes antiespumantes*

Se añaden a grasas y aceites refinados y otros alimentos líquidos, para minimizar la formación de espuma a temperaturas elevadas. A los aceites refinados, se les suelen añadir trazas de dimetilpolisiloxano (E990).

### *Secuestrantes*

La oxidación de los alimentos se ve catalizada por la presencia de cantidades traza de ciertos metales, como el cobre y el hierro, por lo que conviene inactivar estos metales mediante secuestro por agentes como el gluconato sódico (E576).

### *Quelantes*

Se utilizan para mantener en disolución los metales e impedir su precipitación (E385).

### *Conservadores y antibióticos*

E200-290. Para inhibir el crecimiento microbiano se pueden añadir a los alimentos numerosos compuestos químicos. Los antibióticos son productos generalmente de origen microbiano que inhiben el crecimiento de las bacterias.

### *Suplementos nutritivos, vitaminas y minerales*

Aquí se incluyen los concentrados de vitaminas como la C, la E y las del grupo B.

### *Aditivos adventicios*

Son los que aparecen en los alimentos fraudulentamente, o por un funcionamiento incorrecto de las plantas elaboradoras.

### 5.13.2 Aditivos permitidos en los Estados Unidos de América

La lista que aparece a continuación está compuesta por algunos de los aditivos generalmente considerados por la Food and Drug Administration como inocuos (GRAS) si se emplean de acuerdo con los procedimientos culinarios habituales y los buenos usos industriales.

|  |   |
|--|---|
| Goma arábica                                       | Nata  |
| Acido acético (diluido)                            | Crémor  |
| Agar-Agar  | Dextrina  |
| Sulfato de aluminio y potasio                      | Ortofosfato dicálcico   |
| Sulfato de aluminio y sodio                        | Leche desnatada en polvo  |
| Aminoácidos normalmente presentes en los alimentos | Etil vanillina  |
| Hojas de laurel                                    | Gelatina  |
| Brandy   | Glicerina   |
| Mantequilla  | Goma de karaya  |
| Carbonato cálcico                                  | Manteca de cerdo  |
| Sulfato cálcico                                    | Lecitina  |
| Caramelo   | Zumo de limón   |
| Dióxido de carbono                                 | Extracto de limón   |
| Carragenano  | Maicís  |
| Acido cítrico                                      | Carbonato magnésico   |
| Clavo  | Margarina   |
| Café   | Parahidroxibenzoatos de metilo y propilo  |
| Aceite de maíz                                     | Melazas   |
| Almidón de maíz                                    | Fosfato monocalcico   |
| Jarabes de maíz                                    | Mono y diglicéridos de los ácidos grasos componentes habituales de las grasas (con excepción del láurico) |
| Aceite de semillas de algodón                      | Nitrógeno   |
| Mostaza  |   |

Estas sustancias tienen que usarse de manera que el alimento satisfaga todas las secciones del Acta Federal de Alimentos, Medicamentos y Productos Cosméticos (Food, Drug and Cosmetic Act). Se da por supuesto que las sustancias en cuestión deberán ser de calidad adecuada para uso alimentario.

El siguiente es un listado parcial de productos aceptados para uso alimentario por la Food and Drug Administration, o para uso en productos cárnicos por la Meats Inspection Division, siempre y cuando no supongan una adulteración y no se quebranten las normas sobre etiquetado.

|   |   |
|---|---|
| Antiespuma A  | No más de 10 ppm  |
| Acido benzoico  | 0,1 %   |
| Benzoato sódico   | 0,1 %   |
| Hidroxianisol butilado <sup>2</sup>                     | En productos cárnicos, no más de 0,01 % del contenido en grasa de la carne; en otros alimentos no más del 0,02 % del contenido en grasa |
| Hidroxitolueno butilado <sup>2</sup>                    | No más del 0,01 % del contenido en grasa del alimento   |
| Propionato cálcico, propionato sódico o mezcla de ambos | En el pan, no más de 0,32 % en peso, de la harina usada   |
| Ciclohexilamina   | Hasta 10 ppm de la amina, libre o combinada, en el vapor de agua que pueda entrar en contacto con los alimentos                         |
| Dilauril tiodipropionato <sup>2</sup>                   | No más de 0,01 del contenido en grasa del alimento  |
| Diesteril tiodipropionato <sup>2</sup>                  | No más del 0,01 % del contenido en grasa del alimento   |
| Citrato de monoisopropilo                               | En margarinas, en cantidades que no excedan del 0,02 %, en peso, de la margarina acabada  |

|  |   |
|--|---|
| Morfolina                                    | Hasta 10 ppm de la amina, libre o combinada, en el vapor que pueda entrar en contacto con el alimento       |
| Galato de propilo <sup>2</sup>               | No más del 0,01 % del contenido en grasa del alimento   |
| Sacarina                                     | En algunos productos dietéticos   |
| Silicoaluminato sódico precipitado hidratado | Para uso en sal, no más del 1 %; en impulsores para panadería, no más del 5 %                               |
| Dióxido de azufre o sulfito sódico           | En melazas, frutas deshidratadas y algunos otros alimentos, 200-300 ppm (no permitido en algunos alimentos) |
| Acido tioldipropiónico <sup>2</sup>          | No más del 0,01 % del contenido en grasa del alimento   |
| Tocoferol                                    | No más del 0,03 % del contenido en grasa  |

<sup>2</sup> Si se añaden dos o más de estos antioxidantes al mismo alimento, debe limitarse la cantidad total.



**5.13.3 Clasificación por números E**

|         |   |
|---------|---|
| E100    | Curcumina   |
| E101    | Riboflavina (lactoflavina)  |
| 101(a)  | Riboflavina-5'-fosfato  |
| E102    | Tartrazina  |
| E104    | Amarillo quinoleína   |
| 107     | Amarillo 2G   |
| E110    | Amarillo anaranjado S   |
| E120    | Cochinilla (ácido carmínico)                                      |
| E122    | Azorubina   |
| E123    | Amaranto  |
| E124    | Rojo cochinilla A (Ponceau 4R)                                    |
| E127    | Eritrosina BS   |
| 128     | Rojo 2G   |
| E131    | Azul patentado V  |
| E132    | Indigotina (carmin de indigo)                                     |
| 133     | Azul brillante  |
| E140    | Clorofilas  |
| E141    | Complejos cúpricos de clorofilas y clorofilinas                   |
| E142    | Verde ácido brillante BS (verde lisamina)                         |
| E150    | Caramel   |
| E151    | Negro brillante BN  |
| E153    | Carbomedicinalis vegetalis  |
| 154     | Pardo FK  |
| 155     | Pardo chocolate HT  |
| E160(a) | alfa-caroteno, beta-caroteno, gamma-caroteno                      |
| E160(b) | Annatto, bixina, norbixina  |
| E160(c) | Capsantina (capsorrubina)   |
| E160(d) | Licopeno  |
| E160(e) | beta-apo-8'-carotenal (C <sub>30</sub> )                          |
| E160(f) | Ester etílico del ácido beta-apo-8'-carotenico (C <sub>30</sub> ) |
| E161(a) | Flavoxantina  |
| E161(b) | Luteína   |
| E161(c) | Criptoxantina   |
| E161(d) | Rubixantina   |
| E161(e) | Violaxantina  |
| E161(f) | Rodoxantina   |
| E161(g) | Cantaxantina  |
| E162    | Rojo de remolacha (betanina)                                      |
| E163    | Antocianos  |
| E170    | Carbonato cálcico   |
| E171    | Bióxido de titanio  |
| E172    | Oxidos e hidróxidos de hierro                                     |
| E173    | Aluminio  |
| E174    | Plata   |
| E175    | Oro   |
| E180    | Pigmento rubí (litol, rubina BK)                                  |
| E200    | Acido sórbico   |
| E201    | Sorbato sódico  |
| E202    | Benzoato potásico   |
| E203    | Sorbato cálcico   |
| E210    | Acido benzoico  |
| E211    | Benzoato sódico   |
| E212    | Benzoato potásico   |
| E213    | Benzoato cálcico  |

|      |   |
|------|---|
| E214 | Parahidroxibenzoato de etilo (éster etílico del ácido para-hidroxibenzoico) |
| E215 | Sal sódica del parahidroxibenzoato de etilo                                 |
| E216 | Parahidroxibenzoato de propilo  |
| E217 | Derivado sódico del parahidroxibenzoato de propilo                          |
| E218 | Parahidroxibenzoato de metilo   |
| E219 | Derivado sódico del parahidroxibenzoato de metilo                           |
| E220 | Anhídrido sulfuroso   |
| E221 | Sulfito sódico  |
| E222 | Sulfito ácido de sodio  |
| E223 | Pirosulfito sódico (metabisulfito sódico)                                   |
| E224 | Pirosulfito o metabisulfito potásico  |
| E226 | Sulfito de calcio   |
| E227 | Bisulfito cálcico   |
| E230 | Bifenilo (difenilo)   |
| E231 | Ortofenilfenol  |
| E232 | Ortofenolato de sodio   |
| E233 | 2(4 tiazolidil) benzimidazol (tiabendazol)                                  |
| 234  | Nisina  |
| E239 | Hexametilentetramina  |
| E249 | Nitrito potásico  |
| E250 | Nitrito sódico  |
| E251 | Nitrato sódico  |
| E252 | Nitrato potásico  |
| E260 | Acido acético   |
| E261 | Acetato potásico  |
| E262 | Diaceto monosódico  |
| E262 | Acetato sódico  |
| E263 | Acetato cálcico   |
| E270 | Acido láctico   |
| E280 | Acido propiónico  |
| E281 | Propionato sódico   |
| E282 | Propionato cálcico  |
| E283 | Propionato potásico   |
| E290 | Anhídrido carbónico   |
| 296  | Acido DL-málico, Acido L-málico   |
| 297  | Acido fumárico  |
| E300 | Acido L-ascórbico   |
| E301 | L-ascorbato de sodio  |
| E302 | L-ascorbato cálcico   |
| E304 | Palmitato de ascorbilo  |
| E306 | Extractos de productos naturales ricos en tocoferoles                       |
| E307 | alfa-tocoferol sintético  |
| E308 | gamma-tocoferol sintético   |
| E309 | delta-tocoferol sintético   |
| E310 | Galato de propilo   |
| E311 | Galato de octilo  |
| E312 | Galato de dodecilo  |
| E320 | Butilhidroxianisol (BHA)  |
| E321 | Butilhidroxitolueno (hidroxitolueno butilado, BHT)                          |
| E322 | Lecitina  |
| E325 | Lactato sódico  |
| E326 | Lactato potásico  |
| E327 | Lactato cálcico   |
| E330 | Acido cítrico   |
| E331 | Citrato monosódico, citrato disódico, citrato trisódico                     |
| E332 | Citrato monopotásico, citrato dipotásico, citrato tripotásico               |

|         |  |
|---------|--|
| E333    | Citrato monocálcico, citrato dicálcico, citrato tricálcico           |
| E334    | Acido L(+) tartárico   |
| E335    | L(+) tartrato monosódico, L(+) tartrato disódico                     |
| E336    | L(+) tartrato monopotásico (crémor) L(+) tartrato dipotásico         |
| E337    | L(+) tartrato sódico potásico  |
| E338    | Acido ortofosfórico (ácido fosfórico)                                |
| E339    | Ortofosfatos monosódico, disódico y trisódico                        |
| E340    | Ortofosfatos monopotásico, dipotásico y tripotásico                  |
| E341    | Diortofosfato monocálcico, dicálcico y tricálcico                    |
| E350    | Malato monosódico, malato sódico                                     |
| E351    | Malato potásico  |
| E352    | Malato cálcico   |
| E353    | Acido metatartárico  |
| E355    | Acido adípico  |
| E363    | Acido succínico  |
| E370    | 1,4-heptono lactona  |
| E375    | Acido nicotínico   |
| E380    | Citrato triamónico   |
| E381    | Citrato ferricoamónico   |
| E385    | Etilendiamina tetraacetato cálcico disódico (EDTA cálcico disódico)  |
| E400    | Acido alginico   |
| E401    | Alginato sódico  |
| E402    | Alginato potásico  |
| E403    | Alginato amónico   |
| E404    | Alginato cálcico   |
| E405    | Alginato de propilenglicol   |
| E406    | Agar   |
| E407    | Carragenanos   |
| E410    | Harina de semillas de algarrobas                                     |
| E412    | Harina de semillas de guar   |
| E413    | Goma de adracanto  |
| E414    | Goma arábica   |
| E415    | Goma xantán  |
| 416     | Goma de karaya   |
| E420    | Sorbitol, jarabe de sorbitol   |
| E421    | Manitol  |
| E422    | Glicerol   |
| 430     | Estearato de polioxietileno (8)                                      |
| 431     | Estearato de polioxietileno (40)                                     |
| 432     | Polisorbato (20)   |
| 433     | Polisorbato (80)   |
| 434     | Polisorbato (40)   |
| 435     | Polisorbato (60)   |
| 436     | Polisorbato (65)   |
| E440(a) | Pectina  |
| E440(b) | Pectina amidada  |
| 442     | Fosfátidos de amonio   |
| E450(a) | Difosfatos disódico, trisódico, tetrasódico; difosfato tetrapotásico |
| E450(b) | Trifosfato pentasódico, trifosfato pentapotásico                     |
| E450(c) | Polifosfatos de sodio, polifosfatos de potasio                       |
| E460    | Celulosa microcristalina   |
| E461    | Metilcelulosa  |
| E463    | Hidroxipropilcelulosa  |
| E464    | Hidroxipropilmetilcelulosa   |
| E465    | Etilmetilcelulosa  |
| E466    | Carboximetilcelulosa, sal sódica (CMC)                               |

|         |   |
|---------|---|
| E470    | Salas de sodio, potasio y calcio de los ácidos grasos                     |
| E471    | Mono y diglicéridos de los ácidos grasos                                  |
| E472(a) | Esteres acéticos de mono y diglicéridos de los ácidos grasos              |
| E472(b) | Lactoglicéridos (ésteres del ácido láctico y los mono y diglicéridos)     |
| E473    | Sucroésteres de los ácidos grasos   |
| E474    | Sucroglicéridos   |
| E475    | Esteres poliglicéridos de los ácidos grasos                               |
| 476     | Poliglicerolpolirricinoleato  |
| E477    | Esteres del polipropilenglicol y los ácidos grasos                        |
| 478     | Esteres lactilados del glicerol y el propilenglicol con los ácidos grasos |
| E481    | Estearoil-2-lactilato de sodio  |
| E482    | Estearoil-2-lactilato de calcio   |
| E483    | Tartrato de estearilo   |
| 491     | Monoestearato de sorbitán   |
| 492     | Triestearato de sorbitán  |
| 493     | Monolaurato de sorbitán   |
| 494     | Monooleato de sorbitán  |
| 495     | Monopalmitato de sorbitán   |
| 500     | Carbonato sódico, bicarbonato sódico, sesquicarbonato de sodio            |
| 501     | Carbonato potásico, bicarbonato potásico                                  |
| 503     | Carbonato amónico, bicarbonato amónico                                    |
| 504     | Carbonato de magnesio   |
| 507     | Acido clorhídrico   |
| 508     | Cloruro potásico  |
| 509     | Cloruro cálcico   |
| 510     | Cloruro amónico   |
| 513     | Acido sulfúrico   |
| 514     | Sulfato sódico  |
| 515     | Sulfato potásico  |
| 516     | Sulfato cálcico   |
| 518     | Sulfato magnésico   |
| 524     | Hidróxido sódico  |
| 525     | Hidróxido potásico  |
| 526     | Hidróxido cálcico   |
| 527     | Hidróxido amónico   |
| 528     | Hidróxido magnésico   |
| 529     | Oxido de calcio   |
| 530     | Oxido de magnesio   |
| 535     | Ferrocianuro sódico   |
| 536     | Ferrocianuro potásico   |
| 540     | Difosfato dicálcico   |
| 541     | Fosfato de aluminio y sodio   |
| 542     | Fosfato de hueso comestible   |
| 544     | Polifosfatos cálcicos   |
| 545     | Polifosfatos amónicos   |
| 551     | Dióxido de silicio (silice)   |
| 552     | Silicato cálcico  |
| 553(a)  | Silicato magnésico sintético, trisilicato de magnesio                     |
| 553(b)  | Talco   |
| 554     | Silicato de aluminio y sodio  |
| 556     | Silicato de aluminio y calcio   |
| 558     | Bentonita   |
| 559     | Caolín  |
| 570     | Acido esteárico   |
| 572     | Estearato de magnesio   |
| 575     | Glucono-delta-lactona (D-glucono-1,5-lactona)                             |

|     |   |
|-----|---|
| 576 | Gluconato sódico                                    |
| 577 | Gluconato potásico                                  |
| 578 | Gluconato cálcico                                   |
| 620 | Acido L-glutámico                                   |
| 621 | Glutamato monosódico (MSG) glutamato ácido de sodio |
| 622 | Glutamato monopotásico, glutamato ácido de potasio  |
| 623 | Glutamato cálcico                                   |
| 627 | Guanilato sódico, guanosina 5'-(fosfato disódico)   |
| 631 | Inosinato sódico, inosina 5'-(fosfato disódico)     |
| 635 | 5'-ribonucleótido de sodio                          |
| 636 | Maltol  |
| 637 | Etil maltol   |
| 900 | Dimetilpolisiloxano                                 |

## 5.14 Condiciones de almacenamiento recomendadas

### 5.14.1 Alimentos congelados

*Períodos máximos de almacenamiento doméstico que permiten conservar la buena calidad de los alimentos que se hayan comprado congelados*

| Alimento                                    | Meses a<br>-18 °C | Alimento  | Meses a<br>-18 °C |
|---|-------------------|---|-------------------|
| <b>FRUTAS</b>                               |                   | <b>CARNES COCINADAS</b>                                     |                   |
| Cerezas, melocotones, fresas,<br>frambuesas | 12                | Pasteles de carne y similares                               | 3                 |
| Zumos concentrados                          | 12                | <b>AVES</b>   |                   |
| <b>PRODUCTOS HORNEADOS</b>                  |                   | Pollo troceado  | 9                 |
| Pan blanco                                  | 3                 | entero  | 12                |
| Bollos de canela                            | 2                 | hígado  | 3                 |
| Bollos simples                              | 3                 | Pato entero   | 6                 |
| <b>CAKES</b>                                |                   | Ganso entero  | 6                 |
| Angel (saboyana)                            | 2                 | Pavo troceado   | 6                 |
| Chiffon                                     | 2                 | entero  | 12                |
| Chocolate (capas de)                        | 4                 | Trozos de pavo o pollo                                      |                   |
| Fruta                                       | 12                | cocinados en su salsa                                       | 6                 |
| Pound cake*                                 | 6                 | Pasteles de pollo o pavo                                    | 6                 |
| Yellow cake**                               | 6                 | Pollo frito   | 4                 |
| Danés                                       | 3                 | <b>PESCADO</b>  |                   |
| Doughnuts                                   | 3                 | Filetes (bacalao, merluza,<br>rodaballo, eglefino, abadejo) | 6                 |
| Pasteles sin hornear                        | 8                 | Perca, trucha, róbalo, mujol                                | 2-3               |
| <b>CARNE DE VACUNO</b>                      |                   | Salmón  | 2                 |
| Hamburguesas                                | 4                 | Reo   | 3                 |
| Asados                                      | 12                | Merlán  | 4                 |
| Filetes                                     | 12                | <b>MOLUSCOS Y CRUSTACEOS</b>                                |                   |
| <b>CORDERO</b>                              |                   | Almejas   | 3                 |
| Empanadas (carne picada)                    | 4                 | Ostras  | 4                 |
| Asado                                       | 9                 | Carne de cangrejo   | 3-10              |
| <b>CERDO</b>                                |                   | Gambas  | 12                |
| Curado                                      | 2                 | Pescado, moluscos y<br>crustáceos cocidos                   | 3                 |
| Chuletas frescas                            | 4                 | <b>POSTRES HELADOS</b>                                      |                   |
| Asado                                       | 8                 | Helados   | 1                 |
| Salchichas frescas                          | 2                 | Sorbetes  | 1                 |
| <b>TERNERA</b>                              |                   | <b>HORTALIZAS</b>   |                   |
| Costillas, chuletas, asados                 | 9                 | Espárragos, judías, maíz,<br>guisantes, coliflor, espinacas | 8                 |

De: Handbook for the Home 1973. Yearbook of Agriculture USDA.

\* Elaborados con pesos iguales de harina, mantequilla, azúcar y huevos.

\*\* Elaborado con huevos enteros y no sólo con claras.

*Período máximo (valores aproximados) de almacenamiento a diversas temperaturas de algunos alimentos congelados*

| Tipo de alimento                 | Período de almacenamiento (meses) a |        |        |
|----------------------------------|-------------------------------------|--------|--------|
|                                  | -12.5 °C                            | -18 °C | -23 °C |
| <b>PESCADO</b>                   |                                     |        |        |
| Graso                            | 4                                   | 6-8    | 10-12  |
| Magro                            | 6                                   | 10-12  | 14-16  |
| <b>FRUTAS</b>                    |                                     |        |        |
| Albaricoque, con ácido ascórbico | 6-8                                 | 18-24  | 24     |
| Albaricoque, sin ácido ascórbico | 3-4                                 | 8-10   | 12-14  |
| Melocotones, con ácido ascórbico | 6-8                                 | 18-24  | 24     |
| Melocotones, sin ácido ascórbico | 3-4                                 | 8-10   | 12-14  |
| Frambuesas, con azúcar           | 8-10                                | 18     | 24     |
| Frambuesas, sin azúcar ni jarabe | 6-8                                 | 12     | 18     |
| Fresas, en trozos                | 8-10                                | 18     | 24     |
| <b>CARNES</b>                    |                                     |        |        |
| Vaca, asada                      | 6-8                                 | 16-18  | 18-24  |
| Cordero                          | 5-7                                 | 14-16  | 16-18  |
| Cerdo, asados                    | 4                                   | 8-10   | 12-15  |
| Cerdo, salchichas                | 2                                   | 4-6    | 8-10   |
| <b>AVES</b>                      |                                     |        |        |
| Menudillos                       | 1                                   | 3-5    | 8-10   |
| Asados                           | 4                                   | 8-10   | 12-15  |
| <b>CRUSTACEOS</b>                |                                     |        |        |
| Langosta                         | 3-4                                 | 8-10   | 10-12  |
| Gambas, crudas                   | 6                                   | 12     | 16-18  |
| <b>HORTALIZAS</b>                |                                     |        |        |
| Espárragos                       | 4-6                                 | 8-12   | 16-18  |
| Judías verdes (snap)             | 4-6                                 | 8-12   | 16-18  |
| Judías verdes (lima)             | 6-8                                 | 14-16  | 24+    |
| Brócoli                          | 6-8                                 | 14-16  | 24+    |
| Coles de Bruselas                | 4-6                                 | 8-12   | 16-18  |
| Coliflor                         | 6-8                                 | 14-16  | 24+    |
| Maíz, en mazorcas                | 4-6                                 | 8-10   | 12-14  |
| Maíz                             | 12                                  | 24     | 36+    |
| Zanahorias                       | 12                                  | 24     | 36+    |
| Setas                            | 3-4                                 | 8-10   | 12-14  |
| Guisantes                        | 6-8                                 | 14-16  | 24+    |
| Calabacines                      | 12                                  | 24     | 36+    |
| Espinacas                        | 6-8                                 | 14-16  | 24+    |
| Calabazas                        | 12                                  | 24     | 36+    |

De: Tressler D. K. y Evers, C. F. The Freezing Preservation of Foods 3ª Edición Vol 1 AVI Publishing Company Westport Comm.

**5.14.2 Períodos máximos de almacenamiento recomendados para la carne**

---

| Tipo de carne        | Almacenamiento máximo a $-18^{\circ}\text{C}$ |
|----------------------|---|
| <hr/>                |   |
| Vaca                 |   |
| Asados, filetes      | 6-12  |
| Picada               | 2-3   |
| Ternera              |   |
| Asados               | 4-8   |
| Costillas y chuletas | 3-4   |
| Picada               | 2-3   |
| Cerdo                |   |
| Asados               | 4-6   |
| Chuletas             | 3-4   |
| Salchichas, sin sal  | 1-2   |
| Jamón curado         | 1-2   |
| Bacon                | Menos de 1                                    |
| Aves                 | 6-12  |

---

De: Simonds L. A. y Vanstavern B. D. 1975, Buying Meat for Locker or Home Freezer, Ohio Univ, Coop, Ext, Serv.



### 5.14.3 Almacenamiento, atmósferas modificadas

A la hora de utilizar una atmósfera modificada para prolongar la vida útil de los alimentos almacenados a refrigeración, resulta esencial conseguir un «cocktail de gases» adecuado. Mediante el uso de atmósferas modificadas apropiadas, se puede conseguir evitar o retardar cinco de los ocho mecanismos principales de alteración de los alimentos. La elección de la atmósfera depende fundamentalmente del tipo de alimento de que se trate.

#### *Mecanismo de deterioro*

|  |   |
|--|---|
| Alteración por envejecimiento e irradiación ultravioleta             | : No existe protección por gases                          |
| Oxidación, incluyendo enranciamiento y desarrollo de aromas anómalos | : N <sub>2</sub>  |
| Crecimiento bacteriano   | : CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O                      |
| Actividad enzimática   | : CO, H <sub>2</sub> O, (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O |
| Crecimiento de hongos  | : N <sub>2</sub> o CO <sub>2</sub>                        |
| Ataque por insectos  | : N <sub>2</sub> o CO <sub>2</sub>                        |

#### *Efectos de trazas de gases sobre los mecanismos de deterioro*

|  |  |
|--|--|
| Monóxido de carbono (CO)                           | Estabiliza los pigmentos cárnicos.<br>Suprime la actividad de los enzimas autolíticos.                           |
| Oxido nitroso (N <sub>2</sub> O)                   | Escaldado en seco de frutas y hortalizas.<br>Impide la oxidación, el enranciamiento y el crecimiento bacteriano. |
| Oxido de etileno (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O | Agente esterilizante. Acción conservadora muy eficaz. No se recomienda para productos salados.                   |
| Anhídrido sulfuroso (SO <sub>2</sub> )             | Agente esterilizante, conservador eficaz, decolora, destruye la tiamina.   |

#### *Funciones de los gases en el almacenamiento en atmósferas modificadas*

|                    |  |
|--------------------|--|
| Oxígeno            | Permite el metabolismo normal. Impide el crecimiento de anaerobios.  |
| Nitrógeno          | Químicamente inerte, impide el enranciamiento oxidativo, el crecimiento de hongos y el ataque de los insectos.   |
| Dióxido de carbono | Inhibe el crecimiento de bacterias y hongos. Es soluble en las grasas. Concentraciones altas pueden lesionar el producto. Inadecuado para productos lácteos. |

*Mezclas de gases recomendadas para distintos productos alimenticios*

Para obtener los beneficios máximos del uso de atmósferas modificadas resulta esencial seguir estrictamente las normas higiénicas y es recomendable aplicar una refrigeración precoz y un control preciso de las temperaturas.

Las mezclas a utilizar pueden diferir de las que figuran en el listado que a continuación se reseña, según los productos a conservar. Ni el óxido de etileno ni el monóxido de carbono son aditivos alimentarios permitidos.

En todos los casos el gas que completa la mezcla hasta el 100 % es el nitrógeno.

| Producto                               | Oxígeno<br>% | Dióxido de carbono<br>% | Trazas de<br>%      |
|--|--------------|-------------------------|---------------------|
| Carnes rojas                           | Más del 50   | 15-25                   | -                   |
| Pescados blancos                       | -            | 40                      | -                   |
| Pescados grasos                        | -            | 20                      | -                   |
| Pescados pigmentados                   | 5            | 30                      | 1 CO                |
| Aves                                   | -            | 25                      | -                   |
| Hortalizas foliáceas                   | Menos del 5  | 2                       | 1 CO                |
| Coliflor etc.                          | 7            | 10                      | -                   |
| Setas                                  | 7            | -                       | 5 N <sub>2</sub> O  |
| Frutas cítricas                        | 2.5          | 10                      | 1 CO                |
| Naranjas Navel                         | 5            | 5                       | 1 CO                |
| Fresas                                 | 2.5          | 15                      | -                   |
| Tomates                                | 4            | 4                       | -                   |
| Manzanas                               | 1.5-2.5      | De 0 a 1                | -                   |
| Peras                                  | 2            | 10                      | -                   |
| Quesos duros                           | -            | -                       | -                   |
| Quesos «activos»                       | -            | 20                      | 20 N <sub>2</sub> O |
| Productos de panadería<br>no lacteados | -            | 100                     | -                   |
| Productos de panadería<br>lacteados    | -            | -                       | -                   |
| Pasta                                  | -            | -                       | -                   |

El nitrógeno es el único componente de la atmósfera recomendada para quesos duros, productos de panadería con rellenos lácteos y pasta.

# INDICE ALFABETICO

<http://avibert.blogspot.com>

- Abrasividad, materiales sólidos a granel, 40
- Aceleración de la gravedad, 8
- Aceite
  - características analíticas, 91, 92
  - composición, 91, 93
  - dilatación, 100
  - hidrogenación, 62
  - producción en USA, 91
  - propiedades físico-químicas, 94
  - punto de fusión, 93, 94
  - viscosidad, 95
- Aceite de algodón, propiedades físico-químicas, 94
- Aceite de almendra
  - características analíticas, 92, 94
  - composición, 92, 93
- Aceite de babassu
  - características analíticas, 94
  - composición, 93
  - propiedades físico-químicas, 95
- Aceite de coco
  - características analíticas, 93, 94
  - composición, 93
- Aceite de colza
  - características analíticas, 93, 94
  - composición, 93, 94
- Aceite mineral, intercambio calórico, 55
- Aceite de oliva
  - características analíticas, 94, 95
  - conductividad térmica, 122
  - composición, 92
- Aceite de palma
  - características analíticas, 92, 94
  - composición, 92, 93
- Aceite de salvado de arroz
  - características analíticas, 93
  - composición, 93
- Aceite de soja, propiedades reológicas, 81
- Acero inoxidable
  - composición, 46
  - grados, 46
  - propiedades mecánicas, 47
  - — térmicas, 126
  - resistencia a la corrosión, 47
- Acero templado, 47
- Acidos grasos
  - composición, 93
  - propiedades físico-químicas, 91, 92
- Acidulantes, 162
- Actividad de agua, 108
- Aditivos adventicios, 163
- Aditivos alimentarios
  - clasificación, 162
  - permitidos en USA, 164
  - número E, 166
- Agua
  - coeficiente de transferencia del calor, 54
  - conductividad térmica, 125
  - factores de incrustación, 55
  - intercambio de calor, 55
  - refrigerantes, 50
  - viscosidad, 75
- Agua no congelable, 118
- Ajo, 71, 122
- Alcohol metílico, densidad y viscosidad, 77
- Alimentos
  - congelados, 171
  - datos psicométricos:
    - — — actividad de agua, 108
    - — — deshidratadores, 110
    - — — diagramas, 103
    - — — disoluciones de humedad constante, 109
    - — — secado, 111
  - dilatometría, 100
  - disoluciones tampón, 102
  - en polvo:
    - — — análisis por tamizado, 83, 84
    - — — cohesión, 87
    - — — contenido en agua, 82
    - — — densidad a granel, 82
    - — — propiedades de flujo, 85
    - — — peso específico de soluciones acuosas, 101
  - propiedades dieléctricas, 132
  - propiedades físico-químicas:
    - — — contenido de agua, 71, 73
    - — — densidad de disoluciones acuosas, 76, 101
    - — — densidad de productos sólidos, 41, 43, 44, 83
    - — — pH, 68, 69, 70
    - — — punto de ebullición, 79
    - — — reología, 80
    - — — viscosidad, 75, 78
  - propiedades mecánicas:
    - — — cohesión, 87
    - — — dureza, 87
    - — — instrumentos, 89
  - propiedades térmicas:
    - — — carne, 120
    - — — conductividad térmica de medios utilizados, 125
    - — — difusividad térmica, 127
    - — — envases, 126
    - — — frutas y hortalizas, 124
    - — — otros alimentos, 121
    - — — pescado, 119
- Almacenamiento
  - atmósferas modificadas, 174
  - congelación, 171
  - período máximo de almacén, 173

- Aluminio, elaboración de envases, 126  
 Análisis por tamizado:  
 — de azúcar granulado, 83  
 — de mezclas para pastelería, 84  
 — de mezclas sazonadas, 84  
 Antiaglutinantes, aditivos, 163  
 Antiespumantes, aditivos, 163  
 Antioxidantes, aditivos, 163  
 Apertización, 146  
 Aromatizantes, aditivos, 162  
 Atmósferas modificadas, 174  
 Atomo de Cesio 133, 3  
 Atomo de Kriptón, 2  
 Azeótropos, refrigerantes, 49  
 Azúcar, 61, 72  
 Azúcar granulado, análisis tamizado, 83
- Base de logaritmos naturales, 8  
 Baya, contenido en agua, 72  
 Blanqueadores, aditivos, 162  
 Bombas  
 — alternativa, 63  
 — calorimétrica, calor de combustión, 32  
 — centrífuga, 63  
 — de diafragma, 63  
 — rotatoria con deflectores, 63  
 — — de engranajes, 63  
 Bote sanitario de tapa abierta, 139  
 Bruker minispec PC 20, 100
- Calentamiento de jarabes, 15  
 Calor de combustión, 32  
 — poder calorífico, 33  
 Calor específico  
 — alimentos, 67  
 — — carne, 120  
 — — frutas y verduras, 124  
 — — otros, 121  
 — — pescado, 119  
 — gases, 30, 31  
 — propiedades térmicas, 113, 118  
 — salmuera, 51, 52  
 Calor latente  
 — alimentos, 67  
 — — carne, 120  
 — — frutas y verduras, 124  
 — — otros, 121  
 — — pescado, 119  
 — vapor, 34  
 Calor, transferencia:  
 — coeficientes, 54  
 — factores de incrustación, 55  
 — líquidos, 55  
 — no estacionario o transiente, 56  
 Calor de vaporización, thermex, 36  
 Capacidad calorífica, thermex, 36  
 Carne:  
 — almacenamiento, 145, 149, 171, 172, 173  
 — congelación, 171, 172  
 — curadas, 145  
 — contenido en agua, 73  
 — difusión térmica, 127  
 — enlatado, 149  
 — pH, 67, 69  
 — propiedades térmicas, 120  
 Catalizador, 128
- Crack, calentamiento de jarabes  
 — ligero, 15  
 — medio, 15  
 — duro, 15  
 — extraduro, 15  
 Cedazos estándar, 44  
 Cedazos, análisis por tamizado, 83  
 Cervecerías, iluminación, 60  
 Cesio 137, 22  
 Chocolate  
 — humedad, 74  
 — iluminación, 60  
 — tamaño de partícula, 84  
 Cobalto 60, 22  
 Cobre-alumel, termopar, 59  
 Cobre-constantan, termopar, 59  
 Cociente de Hausner, 85, 86  
 Coeficiente de letalidad, 158  
 Coeficiente de transferencia de calor, 54, 55  
 Cohesión, 87  
 Colecalciferol o vitamina D, unidades, 22  
 Colorante, aditivos, 162  
 Combustibles, poder calorífico, 33  
 Compresores  
 — centrífugas, 63  
 — de flujo axial, 63  
 Compuestos inorgánicos, refrigerantes, 50  
 — nitrogenados, refrigerantes, 50  
 — orgánicos cíclicos, refrigerantes, 49  
 — — insaturados, refrigerantes, 50  
 — oxigenados, refrigerantes, 49  
 Condiciones de procesado de envasado, recetas, 147  
 Concentración de sólidos totales, reología, 80  
 Conductividad térmica  
 — alimentos, 67, 121  
 — — carne, 120  
 — — frutas y hortalizas, 124  
 — — otros, 121  
 — — pescado, 119  
 — medios, 125  
 — metales, 37  
 — misceláneas, 38  
 — no metales, 37  
 — gases, 30  
 — propiedades térmicas, 114, 118  
 Coeficiente de transferencia de calor  
 — caldera con camisa y agitador, 54  
 — — — y evaporización, 54  
 Copa cerrada de «Pensky-Martens», 96  
 Conservación  
 — conservadores, 163  
 — botes:  
 — — tamaño, 141  
 — — terminología, 139  
 — — recomendación, 143  
 — definición, 135  
 — esmaltes de revestimiento, 145  
 — hojalata, 144  
 — materiales para envases flexibles, 159  
 Constante de Plank's, 8  
 Contenido de agua, 67, 71  
 — carne, 73, 120  
 — confitería, 73  
 — frutas y hortalizas, 71, 72, 124  
 — misceláneas, 73  
 — otros, 121  
 — ovoproductos, 72  
 — pescado, 119  
 — productos lácteos, 72

- Contenido calórico, 131  
 Contenido en hielo, propiedades térmicas, 113  
 Contenido en sólidos, 100  
 Consistencia, reológica, 80  
 Constante dieléctrica, 132  
   — física, 8  
   — Planck, 8  
   — química, 6  
   — universal de gases, 8  
 Conversiones  
   — calentamiento de jarabes, 15  
   — de grados Celsius en grados Fahrenheit, 13  
   — disolución de azúcares, 18  
   — escalas hidrométricas, 17  
   — habituales, 8  
   — lecturas calorimétricas, 20  
   — porcentaje de sal, 21  
   — presión reducida, 16  
 Cordero  
   — contenido en agua, 73  
   — hígado post-mortem, 119  
 Corrosión, acero inoxidable, 47
- Datos psicométricos  
   — temperaturas normales, 103  
   — temperaturas elevadas, 104  
 Densidad  
   — alimentos  
     — líquidos, 73  
     — leche, 72  
     — nata, 72  
     — partículas sólidas, 41, 43, 44, 83  
     — producto compacto, 86  
     — soluciones acuosas, 73  
   — gases, 30, 31  
   — propiedades térmicas, 114  
   — thermex, 36  
 Densidad a granel, 82  
 Deshidratación, 111  
 Deshidratadores  
   — de rodillos, 110  
   — de vacío, 110  
   — por contacto con aire, 110  
 Destrucción de insectos, irradiación, 22  
 Diafragmas psicométricos, 103  
 Diafragmas de congelación y descongelación  
   — en lámina infinita, 57  
   — en cilindro infinito, 58  
   — en esfera, 58  
 Difusión térmica  
   — grasas, 152  
   — fruta fresca, 124  
   — materiales conductores, 126  
   — medios, 125  
   — productos alimenticios, 127  
   — propiedades térmicas, 118  
   — vegetales, 124  
   — zumos, 124  
 Dilatometría  
   — conversión, 101  
   — definición, 100  
   — instrumento, 100  
 Dilatómetro, 100  
 Dureza de partícula, 87
- Elaboración de conservas, iluminación, 60  
 Elementos químicos, 6  
 Energía de activación enzimática, 128  
 Energía de inactivación enzimática, 128  
 Englesman tapping machine, 85  
 Entalpia  
   — propiedades térmicas de los alimentos, 113, 118  
   — propiedades térmicas del vapor, 34  
   — thermex, 36  
 Enlatado, 143-147  
   — aditivos, 162  
   — botes de conserva, 144  
   — cálculos, 154  
   — capacidad, 141  
   — coeficiente de letalidad, 158  
   — definición, 135  
   — esmaltes, 145  
   — esterilización, 156  
   — glosario, 135  
   — iluminación recomendada, 60  
   — procesado, 146  
   — recetas, 147  
   — tamaño del bote, 143  
   — terminología, 135  
 Envases, 126  
 Envases flexibles, 159  
 Enzimas microbianas, 108, 128, 129  
 Escala de dureza de Mons, 87  
 Esmalte de revestimiento  
   — epoxi, 145  
   — epoxifenólicos, 145  
   — fenólicas, 145  
   — oleoresinas, 145  
   — organosoles, 145  
 Esterilización  
   — comercial, 156  
   — irradiación, 22
- Factores de incrustación, 55  
 Factores Fm, 41, 43  
 Factor de hidrogenación, 62  
 Fluido, factores de incrustación, 55  
 Fluido frigorígeno, 48  
 Fracción másica de los carbohidratos (Xc), 118  
   — — las proteínas (Xp), 118  
 Fresas, propiedades térmicas, 118  
 Frutas, 67  
   — conservación, 145  
   — congelación, 171, 172  
   — contenido en agua, 72  
   — enlatado, 152  
   — propiedades térmicas, 124
- Gases  
   — calor específico, 31  
   — propiedades de los gases ideales, 30  
   — — — — a la presión atmosférica, 30  
   — — físicas del nitrógeno, 31  
   — transporte, 63  
 Geles  
   — humedad, 74  
   — pH, 69  
 Grados Baume, 17, 18, 20  
   — salmuera, 51, 52  
 Grados Brix, 17, 18  
 Grados salométricos, salmuera, 51, 52
- Edulcorantes, aditivos, 162  
 Eficacia letal, 154, 156

- Grados Twaddell, 17, 21  
 Gráfico de calentamiento, 154  
 Gray, 22  
 Grasas  
 — alimentos:  
 — — animales marinos, 94  
 — — — tierra, 94  
 — — leche y derivados, composición, 93, 98  
 — — — características analíticas, 93, 94, 98  
 — — mantequilla, 97  
 — — margarina, 97  
 — composición, 91, 92, 93  
 — dilatometría, 100  
 — propiedades físico-químicas, 91, 92, 94  
 — punto de humo, 96  
 — punto de ignición, 96  
 — punto de inflamabilidad, 96  
 — punto de solidificación, 95  
 — viscosidad, 95
- Halocarbonados, refrigerantes, 48  
 Halocarburos criogénicos, refrigerantes, 53  
 Hebra, calentamiento del jarabe  
 — fina, 15  
 — gruesa, 15  
 Hielo  
 — conductividad térmica, 125  
 — propiedades, 42  
 Hierro-constantan, termopar, 59  
 Hojalata, 114  
 Hongos, actividad de agua, 108  
 Hortalizas, 67, 71  
 Humedad constante, 109  
 Humedad relativa, 105
- Índice de comportamiento de flujo, 80  
 Índice de yodo  
 — definición, 62  
 — grasas y aceites en USA, 91  
 — hidrogenación, 62  
 — alimentos, 91, 92, 94  
 Índice de fluencia, 85  
 Índice de grasas en estado sólido, 91, 92, 94,  
 101  
 Índice de refracción, 18, 94  
 Índice de saponificación, 94  
 Industria cárnica, iluminación, 61  
 Industria láctea, iluminación, 61  
 Ingeniería, 25  
 — materiales, 27  
 — sólidos, 37  
 — unidades, 2  
 Iluminación de superficies, 60  
 Instron, 89  
 Intercambio calórico, 55  
 Iridio, 3  
 Irradiación  
 — conservación de alimentos, 22  
 — unidades, 22  
 Isómeros, calor de combustión, 32
- Jamón ahumado, difusión térmica, 127  
 Jarabes, calentamiento, 15  
 Jarabe de glucosa, viscosidad y composición, 78
- Judías verdes, pH, 67  
 Jugo de regaliz, 74
- Lactosa  
 — leche, 98  
 — mezclas, 74  
 — pH, 69  
 Leche  
 — composición, 98  
 — contenido de agua, 72  
 — densidad y viscosidad, 72, 76  
 — pH, 70, 72  
 — propiedades físicas, 98  
 — propiedades reológicas, 81  
 Lecturas salométricas, 20  
 Limón, actividad de agua, 72  
 Líquidos  
 — intercambio calórico, 55  
 — transportes, 63
- Madera  
 — densidad, 37  
 — poder calorífico, 33  
 — propiedades térmicas, 37, 38  
 Manteca de cacao  
 — características analíticas, 93, 94  
 — composición, 93  
 Manteca de cerdo  
 — características analíticas, 94  
 — composición, 94  
 Mantequilla, composición, 97  
 Margarina, formulación de mezclas, 97  
 Materiales de construcción  
 — calidad de acero austenítico, 46  
 — composición de acero inoxidable, 46  
 — propiedades mecánicas, 47  
 — resistencia a la corrosión, 47  
 Materiales sólidos  
 — a granel, 39  
 — — velocidad del aire para el transporte  
 fluidificado, 44  
 — metales y no metales, 37  
 — otros, 38  
 Material de envasado, 159  
 — efecto de plegamiento, 161  
 — permeabilidad, 160  
 — temperatura de termosellado, 160  
 Melazas, densidad y viscosidad, 77  
 Mermelada, actividad de agua, 108  
 Metales, 37  
 Metano  
 — calor de combustión, 32  
 — valor calorífico, 33  
 Mezclas pasteleras, tamaño de partícula, 84  
 Mezclas sazonadora, análisis tamizado, 84  
 Microorganismos, 129  
 Miscelánea de hidrocarburos, 49  
 Misceláneos, 67, 73  
 Mocinería, iluminación, 61
- Nata, propiedades térmicas, 121  
 Nectarinas  
 — actividad de agua, 72  
 — propiedades térmicas, 122

- Niacina o nicotinamida, unidades, 22
- Nitrógeno
- conductividad térmica, 125
  - propiedades físicas, 30
  - refrigeración, 50
- No metales, 37
- Nomenclatura en código, materiales sólidos
- a granel, 39
  - definición, 39, 40
  - materiales, 41, 43
- «Novadel tap test», 85, 86
- Número atómico, 6
- Número E, aditivos, 166
- Nylon, propiedades térmicas, 126
- Octano, 33
- Organo silicatos, intercambiadores de calor, 55
- Ovoproductos, actividad de agua, 72
- Pasteurización, irradiación, 22
- Pendiente de la gráfica de enfriamiento, 155
- Pérdida dieléctrica, 132
- Perla, calentamiento del jarabe
- pequeña, 15
  - gruesa, 15
- Permeabilidad, 159, 160, 161
- Permitividad dieléctrica, 132
- Pescado
- aceite de hígado de bacalao, 94
  - aceite de sardinas, 94
  - datos, 67
  - difusividad térmica, 127
  - congelación, 171, 172
  - pH, 68
  - propiedad térmica, 119, 145
- Peso específico, 17, 18, 20
- grasa, 94
  - salmuera, 51, 52
- Peso de moléculas refrigerantes, 48
- pH
- alimentos, 67
  - — azúcares, 68, 69
  - — carne, 68
  - — frutas, 68
  - — material biológico, 70
  - — misceláneas, 68
  - — soluciones estándar, 70
  - — tejidos animales post-mortem, 69
  - — vegetales, 68
  - influencia en tratamientos térmicos, 146
- Plegamiento, envasado, 161
- Poder calorífico
- combustibles, 33
  - alimentos, 131
- Polietileno, propiedades, 126, 160
- Polipropileno, propiedades, 126, 160
- Porcentaje de sal, 20, 21
- salmuera, 51, 52
- Porosidad, 82
- Planta auxiliar, iluminación, 61
- Presión, propiedades térmica de vapor, 34
- Presión atmosférica, 30
- Presión de vapor, thermex, 36
- Procesado
- budín de arroz, 150
  - carne picada con cebolla, 149
  - espagueti con salsa de tomate, 150
  - fresas, 152
  - macarrones con queso, 148
  - pasteles, 147
  - zanahorias, 147
- Producción de ácido láctico, 129
- Productos biológicos, pH, 70
- Productos lácteos
- composición, 99
  - contenido de agua, 72
  - valores caloríficos, 131
- Productos horneados, 171
- Propiedades físicas
- aceites y grasas, 94
  - leche y derivados, 98
  - metales/no metales, 37
  - nitrógeno, 30
  - salmuera, 51, 53, 76
  - solución de cloruro cálcico, 52
  - refrigerantes, 51, 53
  - thermex, 35
- Propiedades dieléctricas
- Propiedades de flujo, alimentos en polvo, 85
- Propiedades mecánicas
- acero inoxidable, 47
  - alimentos, 87
- Pulgadas de mercurio, 16
- Pulgadas de agua, 16
- Punto de congelación, 20, 67
- carne, 120
  - frutas, 124
  - hortalizas, 124
  - otros, 121
  - pescado, 119
  - inicial, 114
  - salmuera, 51, 52
- Punto de ebullición
- influencia de la concentración, 79
  - influencia del vacío, 79
  - refrigerante, 48
- Punto de fusión, grasa, 91, 92, 94
- Punto de humo, grasa, 96
- Punto de ignición, grasa, 96
- Punto de inflamabilidad, grasa, 96
- Punto de solidificación, grasa, 95
- Quelantes, 163
- Rads, 22
- Refinería de azúcar, iluminación, 61
- Refrigerantes
- clasificación, 48
  - halocarburos criogénicos, 53
  - salmueras, 51, 52
- Reología, 80
- Repostería
- congelación, 171
  - contenido en agua, 74
  - enlatado, 147
  - iluminación, 60
  - pH, 69
  - propiedades físico-químicas, 69
- Resistencia, corrosión, 87
- Retinol, unidades, 22
- Riesgo de transporte, 39
- RMN, 100

- Sacarosa, punto de ebullición, 79  
 — unidades, 18  
 Salmuera  
 — cloruro cálcico, 52  
 — cloruro sódico, 51  
 — densidad y viscosidad, 76  
 — grados Twaddell, 21  
 — lecturas salométricas, 20  
 — variación de la concentración con la temperatura, 101  
 Selección de compresores, 63  
 Selección de bombas, 63  
 Secuestrantes, 163  
 Sertido, 157  
 SFL, 101  
 Sistema de unidades  
 — ingenieril anglosajón, 4  
 — sistema CGS, 4  
 — — FPS, 4  
 — — internacional, 2  
 Soflón, calentamiento de jarabes, 15  
 Soluciones acuosas  
 — densidad y peso específico, 101  
 — — y viscosidad, 76  
 Solución de sacarosa, punto de ebullición, 79  
 Solución de tampón  
 — fosfato, 102  
 — ftalato, 102  
 Sucédáneos, 162  
 Suplementos nutritivos, 163
- Tablas de conversión de temperatura, 13, 14  
 Teflón, propiedades térmicas, 126  
 Tejido animal, pH post-mortem, 69  
 Temperatura  
 — gases, 30-31  
 — propiedades térmicas del vapor, 34  
 — reología, 80  
 — thermex, 56  
 — termopar, 59  
 Temperatura de condensación, refrigerantes, 53  
 — — evaporización, refrigerantes, 53  
 — — inicial, 154  
 — — régimen, 154  
 Termopar, 59  
 Termosellado, 160  
 Thermex  
 — propiedades físicas y térmicas, 35  
 — termodinámica, 36  
 Tocoferol o vitamina E, unidades, 23  
 Torr, 16  
 Transferencia de calor en estado no estacionario, 56  
 Tratamiento térmico  
 — cálculos, 154, 155  
 — esterilización comercial, 156  
 — factores, 146  
 — coeficiente de letalidad, 158  
 Tuberias, tamaño estándar, 45
- UCT, instrumento, 88  
 Unidades, 5  
 — en ingeniería de los alimentos, 27  
 — fundamentales, 2  
 — irradiación, 22  
 — suplementarias, 2  
 — vitaminas, 22  
 Uvaespina, propiedades, 72
- Vacuómetro, 16  
 Vapor  
 — coeficiente de transferencia de calor, 54  
 — factor de incrustación, 55  
 — propiedades termodinámicas, 34  
 Vegetales  
 — contenido de agua, 71, 72, 124  
 — pH, 68  
 — propiedades físicas, 67  
 — propiedades térmicas, 121  
 Velocidad del aire, transporte fluidizado, 44  
 Velocidad de la luz, 8  
 Vidrio  
 — boro silicatado, 126  
 — soldado, 37  
 Viscosidad  
 — agua, 75  
 — disoluciones acuosas, 76  
 — grasa:  
 — — cinemática, 95  
 — — de Saybolt, 95  
 — jarabe de glucosa, 78  
 — leche y nata, 76  
 — misceláneas, 77  
 — thermex, 36  
 Vitaminas, unidades, 22  
 Voltaje, termopar, 59  
 Volumen específico, propiedades térmicas del vapor, 34
- Z, 130, 158  
 Zumos  
 — aditivos, 162  
 — botes envasado, 143  
 — mezclas, 122, 124  
 — pH, 68, 69, 70  
 — propiedades reológicas, 80  
 — propiedades térmicas, 67, 124